

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Конспект лекций

для студентов специальностей

1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты»,

1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»,

1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства»

*Учебное электронное издание*

**М и н с к 2 0 1 2**

**А в т о р ы :**

*Г.А. Есьман, В.Л. Габец*

**Р е ц е н з е н т ы :**

*В.Ф. Алексеев*, доцент кафедры радиоэлектронных устройств Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент;

*А.Д. Маляренко*, заведующий кафедрой «Торговое и рекламное оборудование» БНТУ, доктор технических наук, профессор

В учебно-методическом пособии рассмотрены различные системы приспособлений, приведена их классификация, назначение и роль в машино- и приборостроении. Подробно описаны элементы приспособлений и изложена методика их выбора и расчета. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов приборостроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017)293-91-01 факс (017)292-40-81  
E-mail: psf@bntu.by  
<http://www.bntu.by/ru/struktura/facult/psf-kipp>  
Регистрационный № БНТУ/ПСФ80-12.2012

© Есьман Г.А., Габец В.Л., 2012

© Габец В.Л., компьютерный дизайн, 2012

© БНТУ, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

1. РОЛЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИИ.....	6
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	9
3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	15
3.1 Универсально-сборные приспособления.....	19
3.2 Универсально-наладочные приспособления.....	23
3.3 Экономический анализ вариантов приспособлений.....	24
4. ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	27
4.1 Установка заготовок при обработке на станках. Установочные элементы приспособлений.....	28
4.2 Анализ схем базирования типовых деталей.....	37
4.3 Погрешности установки заготовок в приспособлениях.....	54
4.4 Конструкции установочных элементов приспособлений.....	71
4.5 Зажимные элементы (механизмы).....	106
4.6 Классификация зажимных механизмов.....	121
4.7 Силовые приводы.....	176
4.8 Элементы приспособлений для определения положения и направления инструмента.....	204
4.9 Делительные устройства.....	212
4.10 Корпусы приспособлений.....	214
4.11 Вспомогательные элементы приспособлений.....	218
5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФИКСАЦИИ И КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.....	219
5.1 Приспособления для повышения производительности универсальных станков.....	219
5.2 Приспособления для расширения технологических	

возможностей универсальных станков.....	225
6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ.....	229
7. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ И КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ.....	233
7.1 Приспособления для обработки деталей в центрах.....	233
7.2 Приспособления для обработки деталей в шпинделе станка.....	241
8. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ.....	248
8.1 Приспособления для фрезерования без использования машинного времени на смену обрабатываемых деталей.....	248
8.2 Приспособления для фрезерования с использованием машинного времени на смену обрабатываемых деталей.....	254
9. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ.....	256
10. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	258
10.1 Измерительные устройства.....	259
10.2 Вспомогательные устройства контрольных приспособлений.....	261
11. СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	262
11.1 Универсальные сборочные приспособления.....	262
11.2 Специальные сборочные приспособления.....	264
12. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ.....	269
13. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И РОБОТОВ.....	273
13.1 Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним.....	273
13.2 Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения.....	274

13.3 Особенности базирования и закрепления заготовок в приспособлениях для станков с ЧПУ.....	279
13.4 Особенности установки приспособлений на станках с ЧПУ.....	280
13.5 Приспособления для обработки заготовок с четырех и пяти сторон.....	284
13.6 Оснастка для промышленных роботов.....	285
14. МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	301
Рекомендуемая литература.....	305

## 1. РОЛЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИИ

*Приспособлениями* в машиностроении называют вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий.

Приспособления, рабочие и контрольные инструменты вместе взятые называют *технологической оснасткой*.

Среди задач, решение которых достигается применением приспособлений, можно выделить три основных.

1) Установка заготовок на станках без выверки. Применение приспособлений для установки заготовок ликвидирует дорогостоящую и трудоемкую операцию разметки, устраняет выверку обрабатываемой детали на станке, обеспечивает возможность автоматического получения точных размеров, а следовательно, повышает точность обработки за счет устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой.

2) Повышение производительности труда. Повысить производительность труда – это значит сократить норму штучного времени на операцию.

$$t_{шт.к} = t_о + t_в + t_{тех.об} + t_{орг.об} + t_{пер} + \frac{t_{пз}}{n} ;$$

$t_{шт.к}$  - штучно-калькуционное время.

Основное время  $t_о$  можно сократить:

- увеличением числа одновременно работающих инструментов, для чего проектируют многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, многорезцовые державки и т.д. ;
- одновременной обработкой нескольких деталей, для чего проектируют многоместные приспособления, или приспособления для установки деталей пакетами;
- повышением режимов резания.

Вспомогательное время  $t_{в}$  можно сократить, уменьшив время на установку и закрепление деталей или совместив вспомогательное и основное время.

При использовании приспособлений рабочий может не проверять положение деталей при установке. Для сокращения времени закрепления детали устанавливают быстродействующие ручные, механизированные, автоматизированные, поворотные приспособления, автоматические загрузочные устройства и др.

Время технического обслуживания рабочего места  $t_{тех.об}$  и подготовительно-заключительное время  $t_{п.з}$  сокращают, используя быстросменные патроны, многолезцовые державки, шаблоны для установки инструментов на размер и т.д.

Время организационного обслуживания  $t_{орг.об}$  можно уменьшить при создании в приспособлениях окон и лотков для отвода стружки, устройств для автоматической очистки от стружки и ее транспортирования и т.п.

3) Расширение технологических возможностей оборудования. Приспособления, расширяющие технологические возможности станков, позволяют осуществить: крепление инструментов, редко используемых при работе на станке; дополнительные взаимные перемещения инструмента и обрабатываемой детали; крепление инструментов и обрабатываемых деталей на не предназначенных для этой цели поверхностях станка; точное направление инструмента.

Например, с помощью специальных приспособлений обработку шлифованием, протягиванием и фрезерованием можно производить на токарном станке, растачивание и долбление – на фрезерном, обработку точных отверстий – на сверлильных станках и т.п.

Кроме того, применение приспособлений позволяет:

а) снизить себестоимость продукции;

- б) облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность;
- в) организовать многостаночное обслуживание;
- г) применить технически обоснованные нормы времени;
- д) сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции.



## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Классификацию приспособлений проводят по нескольким признакам.

*По целевому назначению* приспособления делят на 5 групп:

1) *Станочные приспособления для установки и закрепления на станках обрабатываемых заготовок.* В зависимости от вида механической обработки эти приспособления делятся на приспособления для сверлильных, фрезерных, расточных, токарных, шлифовальных и других станков. Станочные приспособления составляют 80-90% в общем парке приспособлений. К ним относят также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и других операций).

2) *Станочные приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента,* осуществляющие связь между инструментом и станком, в то время, как первый вид осуществляет связь заготовки со станком. К ним относятся патроны для сверл, разверток, метчиков, многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, инструментальные державки для токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. Эти приспособления, *называемые также вспомогательным инструментом,* характеризуются большим числом нормализованных конструкций.

С помощью приспособлений первой и второй группы выполняют наладку технологической системы СПИД.

3) *Сборочные приспособления* для соединения сопрягаемых деталей в узлы и изделия. Их применяют для:

- а) крепления базовых деталей (узлов), собираемого изделия;
- б) обеспечения правильной установки соединяемых элементов детали, изделия;
- в) предварительной сборки упругих элементов (пружин, разрезных колец и т.д.);
- г) для выполнения соединений с натягом.

4) *Контрольные приспособления* применяются для промежуточного и окончательного контролей, контроля деталей в процессе механической сборки и для контроля собранных узлов машин.

К этой группе относятся также испытательные и контрольно-измерительные стенды.

5) *Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обработанных заготовок и узлов* (так называемые транспортно-кантовальные приспособления), используемые при обработке и сборке тяжелометких деталей и изделий.

*Станочными* приспособлениями называются дополнительные устройства к металлорежущим станкам, позволяющие наиболее экономично в заданных производственных условиях обеспечить заложенные в конструкции детали требования к точности размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей деталей.

К станочным приспособлениям относятся: устройства для установки и закрепления обрабатываемых деталей на станках (приспособления), устройства для установки и закрепления режущего инструмента на станках (вспомогательный инструмент).

В современных производствах роль таких устройств настолько велика, что во многих случаях приспособления «сливаются» со станком так, что трудно найти границу между станком и приспособлением к нему.

*По технологическому признаку* станочные приспособления делятся на приспособления к станкам: токарным, сверлильным, расточным, фрезерным, протяжным, зуборезным, шлифовальным и т.д.

*По степени специализации* приспособления подразделяют на три группы, в каждую из которых входят соответствующие системы станочных приспособлений, предусмотренные ЕСТПП и ГОСТ 14.305-73 «Правила выбора технологической оснастки». В отдельную систему можно выделить средства механизации зажима станочных приспособлений (СМЗСП).

Система приспособлений – совокупность приспособлений, конструкции которых komponуются на базе единых характерных правил для обеспечения единства выполнения их и использования в определенных организационных условиях технологического процесса изготовления различных деталей.



*Система УБП* – предусматривает применение универсальных регулируемых приспособлений, не требующих сменных установочных и зажимных элементов. Она включает комплексы универсальных приспособлений, входящих в комплекты оснастки, поставляемой машиностроительным предприятиям в качестве принадлежностей к станкам. Рекомендуется для единичного и многосерийного производства.

*Система УНП* – предусматривает разделение элементов приспособлений на два основных вида: базовые и сменные. Базовые элементы – постоянная многократно используемая часть приспособления, изготавливаемая заранее по соответствующим стандартам. Сменные установочные и зажимные элементы

наладки могут быть универсальными (тиски со сменными наладками, делительные устройства, поворотные столы и т. п.).

Рекомендуется для мелкосерийного и серийного производства, особенно эффективна при групповой обработке заготовок.

*Система УУС* – используются для механизации приспособлений с целью облегчения труда и повышения его производительности. К ним относятся:

- легкоперемещающиеся плавающие столы;
- подставки с ловителями инструмента;
- отдельно сконструированные пневматические, пневмогидравлические, гидравлические, магнитные, электромагнитные, электромеханические и др. устройства.

Система УУС включает средства механизации зажима станочных приспособлений (СМЗСП).

*Специализированные безналадочные приспособления (СБП)* - используются для установки заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам и требующих одинаковой обработки и установки на одноразмерные или комбинированные установочные элементы (для однотипных операций предусмотрена возможность регулировки положения установочных элементов). К ним относятся: приспособления для групповой обработки заготовок типа валов, осей, втулок, стаканов, фланцев, дисков, колец, кронштейнов, корпусов и т.п.

*Система СНП* – так как и система УНП, включает базовые элементы и комплексы элементов-наладок, но отличается более высокой степенью механизации приводов и применением многоместных приспособлений.

Рекомендуется для специализированного серийного и крупносерийного производств. Важная особенность СНП (по сравнению с УНП) состоит в том, что каждому из них соответствует единственно возможная схема базирования.

*Система УСП* – предусматривает комплекс стандартных заранее изготовленных из высококачественных легированных и инструментальных

закаленных сталей (12ХН3А, 48А, У10А и др.) элементов – деталей и сборочных единиц высокой точности, из которых komponуют различные конструкции специальных приспособлений. После использования приспособление разбирают на составные элементы. Элементы УСП находятся в обращении 18..20 лет. Рекомендуется для единичного, мелкосерийного, серийного и различных опытных производств, в период освоения новых видов изделий.

Обычно комплект УСП содержит 25-30 тысяч деталей, из которых одновременно можно собирать до 300 приспособлений.

Основные требования к ним: большая надежность, износостойкость и долговечность.

*Система СПП* – содержит комплексы стандартных сборочных единиц с базовыми поверхностями для сборки различных приспособлений. По окончании эксплуатации (при смене объекта производства) компоновки разбирают на сборочные единицы и используют их в новых приспособлениях.

Рекомендуется для серийного и крупносерийного производств в условиях частой смены выпускаемых изделий с большим количеством модификаций.

*Система НСП* – содержит комплексы преимущественно стандартных сборочных единиц, деталей и заготовок, а также нестандартных элементов для изготовления высокопроизводительных специальных приспособлений и сменных специальных наладок.

Рекомендуется для стабильного крупносерийного и массового производства. Это одноцелевые приспособления, которые используются для выполнения определенной операции при обработке конкретной заготовки.

*По степени механизации и автоматизации* приспособления делятся на:

- ручные;
- механизированные;
- полуавтоматические;
- автоматические.

В автоматизированном производстве приспособление является элементом сложного транспортирующего, загрузочно-разгрузочного комплекса.

Уровень автоматизации того или иного приспособления определяется количеством рабочих приемов, охваченных механизацией или автоматизацией.

В механизированных приспособлениях с помощью силового привода выполняются приемы закрепления и открепления, а при установке крупных деталей дополнительно и прием базирования. Остальные приемы выполняются вручную.

В полуавтоматических приспособлениях часть приемов выполняется автоматически, без участия рабочего, а остальные остаются механизированными или ручными.

В автоматических приспособлениях все приемы, начиная от загрузки и базирования и кончая съемом обработанных деталей, производятся без участия рабочего.

### **3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

В условиях различных производств (массового, серийного, единичного) к конструкциям приспособлений и их приводов предъявляются различные требования, в зависимости от которых определяется степень специализации приспособлений, уровень их механизации и автоматизации и основные направления дальнейшего развития.

В крупносерийном и массовом производстве экономически оправдывается применение специальных приспособлений с встроенным или прикрепляемым силовым приводом (преимущественно пневматическим или гидравлическим). Помимо общих требований – точность, жесткость, компактность - главная задача при конструировании сводится к максимальной механизации и автоматизации приспособлений с целью повышения точности обработки, производительности и облегчения труда рабочих. Широко внедряются многоместные, полуавтоматические и автоматические приспособления, столы для непрерывной обработки, автоматические поворотные и делительные столы для позиционной обработки, многошпиндельные и агрегатные головки, загрузочные устройства и т.д.

В серийном производстве, как и в массовом, задача повышения производительности и облегчения труда рабочих являются главной, поэтому и здесь приспособления должны быть быстродействующими, т.е. максимально оснащенными механизированными силовыми приводами, а в ряде случаев полуавтоматическими.

Наряду с этим в серийном производстве к конструкциям приспособлений предъявляется ряд дополнительных требований, вытекающих из специфики этого производства:

1) сокращение сроков и себестоимости подготовки производства, что в условиях большой номенклатуры и частой смены объектов производства имеет решающее значение:

2) сокращение времени на переналадку оборудования, что очень важно при внедрении групповых технологических процессов и организации групповых потоков в серийном машино- и приборостроении:

3) экономичность приспособлений.

В наибольшей степени указанным требованиям отвечают переналаживаемые ( групповые и универсальные ) и универсально-сборные (система УСП ) приспособления.

Таким образом, в конструировании приспособлений четко прослеживаются следующие направления:

1) механизация и автоматизация приспособлений;

2) стандартизация приспособлений;

3) экономичность приспособлений.

Механизация и автоматизация является одним из основных направлений в проектировании приспособлений.

Удельный вес машинной работы (резание) в среднем не превышает 50% от времени работы за смену. Остальное время затрачивается преимущественно на вспомогательную работу: установку и закрепление деталей, управление станком, контроль в процессе обработки. В зависимости от серийности производства  $t_b$  составляет 25..60% от времени работы смены.

При этих условиях становится очевидным значение механизации и автоматизации станочных приспособлений и внедрения прогрессивных конструкций.

Кроме того, автоматизация и механизация облегчают труд рабочих.

При проектировании приспособлений и загрузочных устройств можно обеспечить механизацию или автоматизацию любого из следующих приемов вспомогательной работы на станке:

1) загрузку обрабатываемых деталей в рабочую зону приспособления (производится с помощью загрузочного устройства или механической руки, а при обработке из прутка – с помощью специального подающего устройства;



2) базирование деталей, т. е. доведение их базовых поверхностей до полного контакта с установочными элементами приспособления (производится вспомогательными цилиндрами и мембранами, обычно сблокированными с цилиндрами, осуществляющими окончательный зажим);

3) закрепление и открепление деталей;

4) периодические повороты деталей при позиционной обработке с последующей фиксацией и зажимом поворотной части приспособления;

5) вращение при непрерывной обработке, например, при непрерывном фрезеровании с механизированным или автоматизированным закреплением и откреплением деталей на вращающемся столе;

6) удаление обработанных деталей из рабочей зоны приспособления (выталкивание пружинным, пневматическим или гидравлическим плунжером, скатывание по желобу); в ряде случаев работу выталкивателя блокируют с действием зажимного устройства;

7) очистку установочных поверхностей приспособления от стружки струей сжатого воздуха, охлаждающей жидкости или путем отсоса стружки с помощью специальных устройств.

Автоматизация приспособлений в большинстве случаев базируется на применении пневматических, пневмогидравлических или гидравлических приводов, управляемых через конечные выключатели, золотниковые устройства и упоры перемещающимися рабочими органами станка.

Автоматизация цикла работы станка, дополненная автоматизацией цикла работы приспособления, позволяет превращать обычные универсальные станки в полуавтоматы и автоматы, а это, в свою очередь, обеспечивает возможность многостаночного обслуживания и значительное повышение производительности труда.

Стандартизация приспособлений. В области приспособлений стандартизацией охвачены:

- 1) конструктивные и размерные элементы (резьбы, конусы, шпоночные соединения, уклоны, посадки и т.п.);
- 2) заготовки корпусов;
- 3) узлы;
- 4) некоторые конструкции приспособлений;
- 5) элементы силовых приводов.

В результате применения стандартизованных узлов и деталей наряду с сокращением сроков проектирования уменьшается в 3 – 4 раза трудоёмкость механической обработки и примерно в 2 раза сокращается цикл изготовления приспособлений.

Проведённая стандартизация в области оснастки позволяет проектировать приспособления с применением стандартных деталей и узлов в объёме от 30 до 90% от общего количества деталей в конструкции.

В результате себестоимость изготовления приспособлений снижается на 20 – 30%, а общий цикл оснащения нового изделия сокращается на 30 – 40%.

Универсализация приспособлений. Быстрое развитие современного машиностроения вызывает необходимость частой замены выпускаемой продукции новой, более современной. При этом почти вся специальная оснастка списывается (старая) и проектируется и изготавливается новая. Это влечёт за собой большой объём трудовых и денежных затрат на производство приспособлений, что, в свою очередь, отражается на сроках технологической подготовки производства и себестоимости производимой продукции. Более половины всех трудовых затрат (65%) в технологической подготовке производства приходится на изготовление приспособлений и оснастки.

В то же время для обеспечения роста производительности труда и снижения себестоимости продукции необходимо повышать оснащённость техпроцессов приспособлениями.

Это противоречие стремятся преодолеть путём нормализации деталей и узлов приспособлений, которая позволяет ускорить и удешевить изготовление технологической оснастки. При этом снижается объём конструкторских работ.

Изготовление нормализованных деталей большими партиями улучшает организацию работы инструментального цеха и удешевляет их изготовление.

В настоящее время специальные приспособления состоят почти на 70% из нормализованных стандартных деталей.

Нормализация проходит тремя этапами:

1-ый этап – нормализация общих конструктивных и размерных элементов (резьбы, конусы, посадки и др.)

2-ой этап – нормализация деталей приспособлений (пальцы, пластины, установы, корпуса и др.)

3-ий этап – нормализация узлов приспособлений (пневмоцилиндры, делительные механизмы, выталкиватели и др.).

Разработка нормалей ведётся передовыми машиностроительными заводами, проектно-технологическими и научно-исследовательскими институтами. Нормали бывают ведомственные и общесоюзные.

Однако, нормализация в том виде, как показано, даёт положительные результаты при проектировании приспособлений для массового и серийного производства и не решает вопроса для мелкосерийного и индивидуального производства. Нужны качественно иные формы оснащения этих производств технологической оснасткой.

### **3.1 Универсально-сборные приспособления**

Работы, проведённые предприятиями и НИИ показали, что из всех видов технологической оснастки, применяемых на заводах индивидуального и мелкосерийного производства, наибольшими достоинствами обладает система универсально-сборных приспособлений (УСП), созданная советскими инженерами В.С. Кузнецовым и В.А. Пономарёвым в середине сороковых годов.

Основным назначением системы УСП является высокооперативное обеспечение производства технологической оснасткой, повышение коэффициента оснащённости операций и производительности труда, снижение себестоимости технологического оснащения, а также повышение общей культуры производства.

Сущность системы УСП заключается в том, что вместо ряда необходимых специальных приспособлений из нормализованных и заранее изготовленных элементов непрерывно создаются самые разнообразные приспособления (компоновки). Когда надобность в таких приспособлениях отпала, они разбираются на составные части и из этих элементов собираются новые конструкции приспособлений.

Универсально-сборные приспособления создаются по принципу 100% применения стандартных и нормализованных деталей и узлов.

УСП по назначению представляет собой специальное приспособление и обладает всеми его качествами. В то же время УСП не идёт на лом после выполнения операции. В этой системе действует принцип длительной обращаемости элементов (свойственный универсальным приспособлениям), обеспечиваемой их взаимозаменяемостью и высокой износоустойчивостью.

Обычно комплект элементов УСП включает 25000-30000 деталей, из которых одновременно может собираться до 300 приспособлений. Пусковой компонент для небольшого завода может иметь 1,5-2,5 тысячи деталей, из которых можно собирать 300-400 приспособлений в год.

Все детали УСП разбиты на 8 групп:

1) Базовые детали – плиты, планшайбы, угольники и др. Детали покрыты сеткой пазов – шпоночных для ориентировки деталей друг относительно друга и Т – образных для крепления на них других деталей болтами. Размеры пазов у всех деталей комплекта одинаковы. Он может быть 8, 12 или 16 мм. Комплект для тяжёлого машиностроения имеет пазы 16 мм, для приборостроения – 8 мм. Допускаемые отклонения от взаимной параллельности и перпендикулярности

пазов  $<0,01$  мм на длине 200мм, отклонения от параллельности и перпендикулярности плоскостей  $<0,005$ мм на 100мм.

Шероховатость поверхностей -  $R_a 0,32 - 0,26$  мкм.

2) Корпусные и опорные детали – призмы, угольники, подкладки и др. Они тоже покрыты сеткой пазов, но имеют еще прорезы и отверстия, сквозь которые пропускаются крепежные болты.

3) Установочные детали – шпонки, пальцы, установочные диски, центры, втулки, валики и др.

4) Направляющие детали – кондукторные втулки, кондукторные планки, колонки и др.

5) Прижимные детали – прихваты различных типов.

6) Крепежные детали – для крепления элементов УСП – винты, болты, гайки.

7) Разные детали – рукоятки, эксцентрики, пружины и др.

8) Неразборные узлы – поворотные головки, центровые бабки, фиксаторы, самоустанавливающиеся опоры, пневмогидравлические зажимы, пневмоцилиндры и др.

Детали набора УСП должны быть прочными, износостойкими и длительное время сохранять точные размеры и форму.

УСП могут применяться при выполнении самых разнообразных операций, таких как: токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, протяжные, шлифовальные, сборочно-сварочные, контрольные и многие другие.

Процесс конструирования, в основном, состоит в подборе необходимых деталей и узлов и нахождении правильного их сочетания в общей компоновке, которая должна отвечать всем эксплуатационным и технологическим требованиям. Крепление всех деталей в единую конструкцию производится с помощью болтов и гаек.

Как и при обычном проектировании специального приспособления, исходными данными для каждой компоновки УСП являются:

- чертеж детали (или эталон детали) с технологическими требованиями;
- вид обработки (фрезерование, точение);
- технологические данные – базы для установки, место крепления, тип станка, режущий и мерильный инструмент;
- величина партии обрабатываемых деталей.

Сборку выполняют рабочие высокой квалификации по чертежу или образцу детали без предварительного составления чертежей приспособления. Если предполагается, что сборка такого приспособления может повториться, то его целесообразно сфотографировать. Время, затрачиваемой на сборку компоновки УСП, составляет в среднем 3-3.5 часа (от 1 часа до 9 часов).

Время от момента заказа УСП до установки его на станок составляет 1-3 дня, вместо двух месяцев при изготовлении специального приспособления.

Технико-экономическая эффективность применения системы УСП складывается из следующих факторов:

- 1) сокращение цикла технологической подготовки производства и выпуска новых изделий;
- 2) повышение качества и снижение трудоемкости изготавливаемых изделий;
- 3) сокращение расхода металла и экономия денежных средств на изготовление оснастки. Для УСП считается, что расход металла идет на изготовление новых деталей и на пополнение случайной убыли.

Подсчитано, что это составляет ~0,3 кг металла стоимостью 3 коп. на каждую компоновку;

- 4) высвобождение значительной части станочного оборудования и производственных площадей.

Опыт эксплуатации системы УСП показывает, что применение комплекта УСП в рамках одного завода не всегда рентабельно. В этом случае

целесообразна организация прокатных баз, услугами которых пользуется большое количество предприятий.

Область применения УСП – мелкосерийное, опытное и индивидуальное производство. Кроме того, УСП применяются и при больших масштабах производства во время перехода на выпуск новой продукции, а также в инструментальных и ремонтных цехах.

### **3.2 Универсально-наладочные приспособления**

Система универсально-наладочных приспособлений (УНП) основана на использовании сменных наладок к универсальной нормализованной части приспособления.

Приспособления системы УНП состоят из двух частей:

- постоянной, куда обычно относится корпус приспособления и привод;
- сменной, в которую входят направляющие, установочные и зажимные элементы.

В этих приспособлениях, также как и в УСП, обеспечивается принцип обратимости, т.к. они используются для выполнения комплекса различных детали-операций.

УНП применяются в серийном производстве. При запуске новой партии деталей приспособление не снимается со станка, а производится лишь перестановка сменных элементов и их регулировка. Сменные детали и узлы УНП не сдаются на склад, а хранятся на рабочем месте у станка. На перестановку сменных элементов требуется очень мало времени. Это приводит к сокращению подготовительно-заключительного времени и улучшению использования оборудования.

Применение УНП сокращает сроки подготовки производства, удешевляет стоимость приспособлений, т.к. наиболее дорогие элементы приспособлений – корпус и привод сочетаются с различными сменными наладками и создают целый ряд специальных приспособлений.

Примерами УНП могут быть машинные тиски, скальчатые кондукторы, пневматические патроны со сменными кулачками, планшайбы с переставными угольниками, раздвижные кондукторы для сверления отверстий во фланцах различного диаметра и др. При обработке мелких деталей на фрезерных и др. станках применяются УНП со сменными кассетами.

Количество переналаживаемых приспособлений непрерывно растет. Приобретается опыт их эксплуатации. Это создает прочную основу дальнейшего развития системы УНП.

УНП применяются при обработке деталей, закрепленных за групповой поточной линией. Кроме того, для групповых поточных линий применяются комбинированные приспособления для одновременной обработки нескольких деталей.

### **3.3 Экономический анализ вариантов приспособлений**

Для выполнения одной и той же технологической операции могут быть использованы приспособления равноценные по точности, но различные по сложности, стоимости и производительности. Предпочтение отдается тому приспособлению, которое дает наименьшую стоимость операции.

Экономическое обоснование выбора того или иного варианта приспособления основывается на сопоставлении технологических себестоимостей операции, по одному и другому варианту, включающих в себе лишь те статьи себестоимости, которые зависят от применяемого приспособления.

Все статьи технологической себестоимости условно делятся на две группы:

1) переменные расходы, зависящие от объема производства. Сюда входят:

$Z$  – зарплата станочника;

$S_{э.ст.}$  – стоимость эксплуатации станка;

$A_{ст.}$  – стоимость амортизации станка;

$W_{xx}$  – стоимость электроэнергии, расходуемой на холостые ходы станка.



Эти расходы считаются на 1 деталь.

2) постоянные расходы, не зависящие от объема производства. Сюда относятся:

$S_n$  – годовая стоимость наладки приспособления;

$A_{пр} = 0,6S_{пр}$  – стоимость амортизации и эксплуатации приспособления, где  $S_{пр}$  – стоимость приспособления.

Эта статья расходов исчисляется из расчета, что при трех годичном сроке службы приспособления амортизация составляет 33%, а эксплуатационные расходы на содержание приспособления составляет примерно 27% от его стоимости.

Тогда годовая технологическая себестоимость  $E_{г.т.}$  будет равна:

$$E_{г.т.} = (3 + A_{ст.} + S_{э.ст.} + W_{хх}) П + S_n + 0,6S_{пр};$$

где  $П$  – годовая программа деталей, обрабатываемых в данном приспособлении.

Если ввести обозначения

$V = 3 + A_{ст.} + S_{э.ст.} + W_{хх}$  – переменные расходы;

$C = S_n + 0,6S_{пр}$  – постоянные расходы,

то  $E_{г.т.} = V П + C$ .

Эта зависимость легко представляется графически линией в координатах ЕОП, у которой переменные расходы характеризуют угол наклоны прямой, а постоянные величины – отрезок на оси Е.

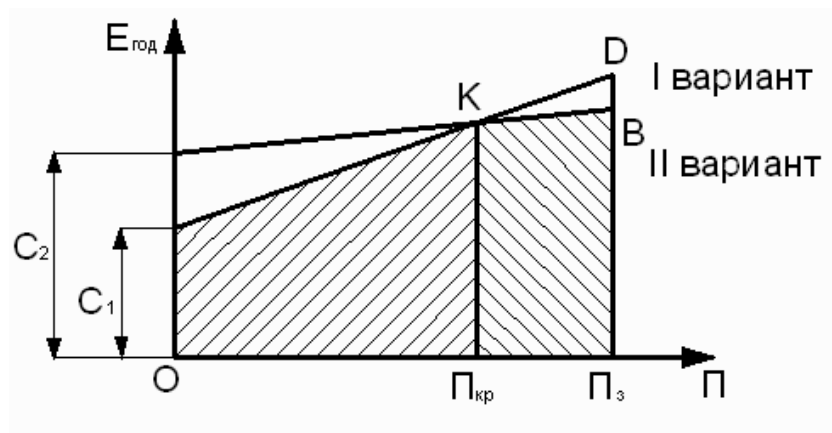


Рис.3.1

Если сравнить два варианта приспособлений, то будем иметь следующие уравнения:

$$E_1 = V_1 П + C_1 \text{ и } E_2 = V_2 П + C_2.$$

Выразим это графически (см. рис. 3.1). Для примера зададимся, что  $C_1 < C_2$  и  $V_1 > V_2$ , тогда график будет иметь вид как на рисунке.

Рассмотрение графика показывает, что при годовой программе меньшей  $П_{кр}$  первый вариант приспособления дает меньшую технологическую себестоимость, а при программе большей  $П_{кр}$  – выгоднее второй вариант. При программе  $П_{кр}$  оба варианта равноценны, то есть  $E_1 = E_2$ .

$$V_1 П_{кр} + C_1 = V_2 П_{кр} + C_2;$$

$$П_{кр} = \frac{C_1 - C_2}{V_1 - V_2}.$$

Для определения стоимости приспособлений  $S_{пр}$  можно пользоваться заводскими данными или, подсчитав приближенно по формуле:

$$S_{пр} = C_{пр} N;$$

где  $N$  – количество деталей в приспособлении;

$C_{пр}$  – постоянная, зависящая от стоимости приспособления и его габаритных размеров.

Величина  $C_{пр}$  принимается:

- для простых приспособлений  $C_{пр}=1,5$ ;
- для приспособлений средней сложности  $C_{пр}=3,0$ ;
- для сложных приспособлений  $C_{пр}=4,0$ .

Количество оснастки, применяемой на машиностроительных заводах столь велико, что необходимо всемерно стремиться к снижению ее стоимости.

Для этого необходимо:

- количество деталей приспособления сводить к минимуму;
- облегчать вес приспособлений без снижения его жесткости;
- проектировать детали простой формы и наименьшим количеством мест обработки;

- максимально применять нормализованные и стандартизованные детали и узлы;

- использовать вышедшие из употребления приспособления, снимая или переделывая узлы и так далее.

## 4. ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В любом приспособлении можно выделить отдельные группы деталей и механизмы, имеющие одинаковое назначение. Их принято называть элементами.

Под *элементом приспособления* понимают деталь или элемент конструкции, выполняющий определенную функцию.

По функциональному назначению элементы приспособлений делят на:

- установочные, которые определяют правильность установки обрабатываемых деталей в приспособлении относительно инструмента;

- зажимные, которые устраняют возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки (сборки). Необходимость применения зажимных устройств механизмов исчезает в двух случаях: а) когда обрабатывают (собирают) тяжелую, устойчивую заготовку (сборочную единицу), по сравнению с весом которой силы обработки (сборки) малы; б) когда силы, возникающие при обработке (сборке), приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием;

- установочно-зажимные – выполняют одновременно функции установочных и зажимных элементов (например, трехкулачковый самоцентрирующий патрон). Их применяют для повышения точности положения координатной системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке. Установочные элементы в таком механизме должны быть подвижными в направлении зажима, а для сохранения установочных свойств, закон их относительного движения должен быть одинаково задан и реализован в конструкции приспособления с достаточной точностью;

- силовые приводы, основное назначение которых – создание исходной силы тяги, необходимой для зажима заготовки. Кроме этого силовые приводы

используют для механизации и автоматизации приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота приспособления, включения и выключения станка, удаления стружки, транспортирования деталей и др.;

- элементы для определения положения и направления инструментов (шаблоны, установы, кондукторные втулки, копиры и т.п.);

- делительные устройства, предназначенные для изменения положения обрабатываемой детали в приспособлении без нарушения ее положения относительно инструмента;

- корпуса приспособлений;

- вспомогательные элементы (рукоятки, сухари, шпонки и т.п.).

#### **4.1 Установка заготовок при обработке на станках.**

##### **Установочные элементы приспособлений**

Под установкой заготовок понимают последовательное выполнение двух приемов: базирования и закрепления. Базирование осуществляется доведением до полного контакта баз заготовки с установочными элементами приспособления, а закрепление – приложением сил и пар сил к заготовке для обеспечения постоянства ее положения, достигнутого при базировании.

##### ***4.1.1 Базирование заготовок***

*Базирование* – это придание заготовке или детали (изделию) требуемого положения относительно выбранной системы координат. Это положение заготовки достигается наложением геометрических связей через соприкосновение поверхностей самой заготовки с поверхностями других тел (стол станка, установочные элементы приспособления и т.п.) и приложения сил и пар сил для обеспечения контакта между ними. При наложении геометрических связей заготовка лишается трех перемещений вдоль координатных осей  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  и трех поворотов вокруг этих осей, т.е. она становится неподвижной в выбранной системе координат  $OXYZ$ .

Заготовка (деталь), ограниченная в пространстве совокупностью реальных поверхностей (цилиндрической, плоской, конической, сферической и

т.п.), может контактировать с телами, определяющими ее положение, в общем случае лишь по отдельным элементарным площадкам, условно считающимися точками контакта.

Шесть связей, лишаящих заготовку движения в шести направлениях, могут быть созданы контактом соединяемых тел в шести точках. В случае идеализации формы поверхностей считается, что осуществление необходимых связей достигается контактом заготовки с другими телами по поверхностям, а наличие реальных связей символизируется опорными точками, имеющими теоретический характер. Для придания требуемого положения заготовке с использованием ее плоскостей симметрии или осей поверхностей связи должны быть наложены непосредственно на плоскости симметрии, оси, линии или точки их пересечения.

Материализация координатных плоскостей точками контакта исходит из физической сущности сопряжения тел по поверхностям, имеющим отклонения формы от идеального. Положение заготовки или детали, устанавливаемой на реальные поверхности, определяется через координаты точек контакта, возникающих на базах.

Теория базирования является общей и распространяется на все тела, которые могут рассматриваться как твердые, в том числе и на изделия машино- и приборостроения в сборе и на всех стадиях производственного процесса: механическая обработка, транспортирование, измерение, сборка, ремонт, эксплуатация и т.д.

*Базой* называется поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке (детали, изделию) и используемая для базирования.

Согласно ГОСТ 21495-76 базы можно классифицировать по нескольким признакам следующим образом.

1) *По назначению* базы делятся на:

а) *конструкторские* – для определения положения детали или сборочной единицы в изделии (основные), или определения положения присоединяемого к ним изделия (вспомогательные);

б) *технологические* - для определения положения заготовки (детали, изделия) при их изготовлении или ремонте;

в) *измерительные* - для определения относительного положения заготовки (детали, изделия) и средств измерения.

2) По лишаемым степеням свободы различают следующие базы:

а) *установочную*, которая лишает объект трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей;

б) *направляющую*, которая лишает объект двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворот вокруг другой оси;

в) *опорную*, которая лишает объект одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси;

г) *двойную направляющую*, которая лишает объект четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих же осей;

д) *двойную опорную*, которая лишает объект двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей.

3) По характеру проявления база может быть:

а) *скрытой* – в виде воображаемой плоскости, оси или точки;

б) *явной* – в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Кроме того, различают:

- *проектную базу*, которая выбирается при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия;

- *действительную базу*, которая фактически используется в конструкции, при изготовлении, эксплуатации или ремонте изделия.

Конструктор, пользуясь конструкторскими базами, задает размеры и (или) положение отдельных простейших поверхностей на чертеже детали. Технологию важно определить по чертежу основную конструкторскую базу данной детали или сборочной единицы (например, торец и отверстие зубчатого колеса), чтобы правильно построить технологический процесс обработки детали или сборки изделия.

В процессе изготовления деталь проходит путь от заготовки до готовой детали в соответствии с маршрутной технологией. При этом на каждой из операций технологического процесса имеются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности. Последние используются в качестве конструкторских (измерительных) и технологических баз.

*Конструкторской базой обрабатываемой поверхности* называется совокупность элементов детали (заготовки), с которыми обрабатываемая поверхность или ее ось связана координирующими размерами или допусками расположения на чертеже (операционном эскизе) (рис. 4.1).

Под элементом детали понимают поверхность, линию пересечения поверхностей, ось или плоскость симметрии, точку, которые принадлежат детали.

Если два элемента детали связаны координирующими размерами или допусками взаимного расположения, то любой из них можно принимать за базу относительно другого (принцип обратимости конструкторских баз).

Обрабатывают деталь обычно на разных станках согласно операционным эскизам. На каждой операции (установке) деталь предварительно базируют на станке, затем закрепляют и производят обработку одной или нескольких поверхностей. Каждая обрабатываемая поверхность (группа поверхностей) должна иметь свою технологическую базу.



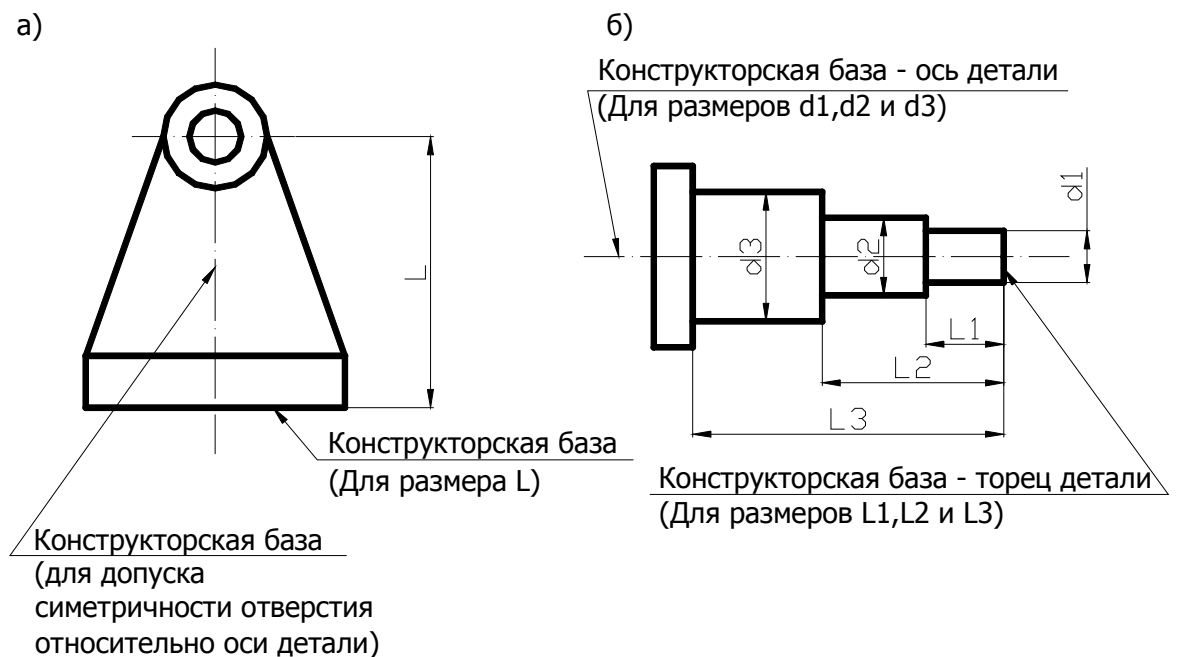


Рис. 4.1- Примеры определения положения конструкторских баз для обрабатываемого сквозного отверстия (а) и ступенчатого вала (б).

*Технологической базой обрабатываемой поверхности* называется совокупность элементов детали (заготовки), с помощью которых эту поверхность или ее ось правильно ориентируют на станке относительно траектории режущего инструмента. В некоторых случаях, наоборот, режущий инструмент ориентируют относительно технологической базы обрабатываемой поверхности.

Технологическая база может быть опорной или проверочной. Соответственно применяют два метода базирования:

- по опорным технологическим базам;
- по проверочным технологическим базам.

Под опорной технологической базой понимают совокупность элементов детали (заготовки), которыми при базировании она непосредственно соприкасается с установочными элементами приспособления.

Под проверочной технологической базой понимают совокупность элементов детали (заготовки), по которым производится выверка ее положения на станке при базировании. В качестве проверочной базы, кроме поверхностей, могут служить линии, оси и центры, наносимые разметкой, а иногда и сами обрабатываемые поверхности.

Выверка производится с помощью различных измерительных инструментов, при этом деталь приходится смещать, подклинивать и т. п. Базирование деталей с выверкой отнимает много времени и применяется обычно в единичном производстве.

Базирование по опорным технологическим базам не требует выверки и разметки, необходимая ориентация детали достигается сразу же, как только ее базовые поверхности войдут в контакт с установочными элементами (опорами) приспособления. Такое базирование выполняется значительно быстрее, не требует высококвалифицированного труда и применяется в серийном и массовом производстве.

#### **4.1.2 Правило шести точек**

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двухсторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз. Если в соответствии со служебным назначением изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается. Лишняя деталь всех шести степеней свободы, получают схему полного базирования, которая строится в соответствии с *правилом шести точек*. Формулируется оно следующим образом: *для полного базирования детали с лишением ее всех шести степеней свободы необходим комплект из трех баз, несущих шесть опорных точек (под опорной точкой понимают точку, символизирующую одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат).*

Исключение из этого правила составляет базирование длинных конических деталей, при котором для полного базирования их необходим комплект из двух базовых поверхностей.

В серийном и особенно в массовом производстве широко применяют метод автоматического получения размеров заданной точности на предварительно настроенных станках. При настройке станка установку режущих инструментов на размер или установку упоров и копиров производят от опорных технологических баз детали, точнее – от соответствующих им установочных поверхностей приспособления. Если на данной операции технологического процесса требуется получить координирующие размеры в трех направлениях, по осям  $Ox$ ,  $Oy$  и  $Oz$ , то для базирования заготовки необходим комплект из трех поверхностей, т.е. каждому направлению выполняемых размеров должна соответствовать своя базовая поверхность. В этом случае применяют схему полного базирования с лишением детали всех шести степеней свободы (рис. 4.2.а). При получении размеров в двух или только в одном направлении применяют схемы упрощенного базирования; комплект баз в этом случае состоит из двух или одной базы (рис. 4.2, б, в).

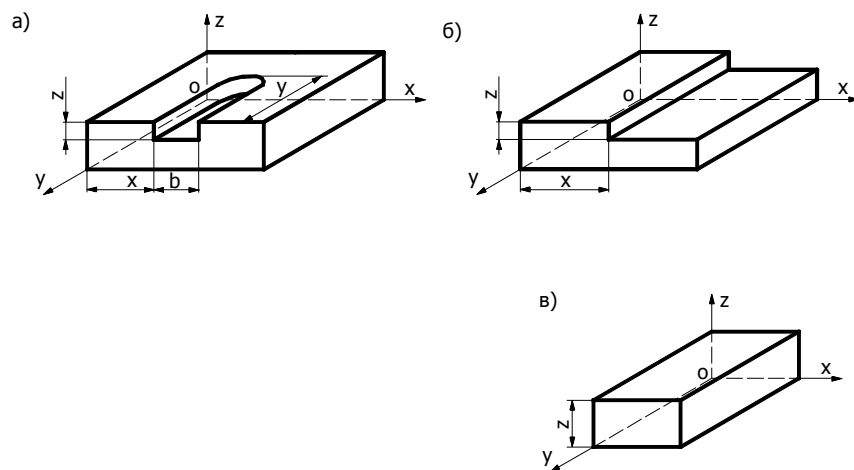


Рис.4.2 - Схемы обработки детали.

- а) – полное базирование (комплект из 3-х баз, несущих шесть опорных точек)
- б) – упрощенное базирование (комплект из 2-х баз, несущих пять опорных точек)
- в) – упрощенное базирование (одна база несущая три опорные точки)

### **4.1.3 Принцип постоянства и совмещения баз**

Выбор баз имеет важное значение при проектировании технологических процессов. При выборе баз желательно в качестве технологической базы использовать конструкторскую или измерительную базу обрабатываемой поверхности, т.е. соблюдать *принцип совмещения баз*. В этом случае погрешности базирования при изготовлении или измерении детали будут равны нулю. Возможность совмещения технологической, конструкторской и измерительной баз при прохождении детали всего производственного цикла (от изготовления до измерения, эксплуатации и ремонта) должна учитываться конструктором в процессе проектирования и технологом при разработке технологического процесса.

Кроме того, при выборе технологических баз следует придерживаться *принципа постоянства баз* на основных операциях механической обработки, т.е. по возможности использовать в качестве технологических баз одни и те же поверхности (элементы) детали. Целесообразность соблюдения этого принципа особенно очевидна, если конструкторские (измерительные) базы при выполнении различных операций переменны и в связи с этим, трудно осуществить принцип совмещения баз. Для соблюдения принципа постоянства баз в ряде случаев на деталях (заготовках) создают вспомогательные (дополнительные) поверхности, не имеющие конструктивного назначения, но используемые в качестве технологических баз: центровые гнезда на валах, специально обработанные отверстия в корпусных деталях, центрирующие пояски и выточки на платиках (платах) и др.

Если по условиям обработки не удастся выдержать принцип постоянства баз, то в качестве новой базы принимают обработанную поверхность, по возможности наиболее точную и обеспечивающую жесткость установки заготовки. Если вновь принятая база не является конструкторской (измерительной), то производят расчет допуска на полученный размер с учетом

появляющейся погрешности базирования и, если необходимо, ужесточают допуск на размер, определяющий положение новой технологической базы относительно конструкторской.

Соблюдение принципа постоянства баз позволяет уменьшить погрешности базирования, связанные с переменной технологических баз и зависящие от состояния поверхностей и точности их расположения относительно ранее применявшихся баз.

Например, при фрезеровании паза (рис. 4.3, а) должны быть выдержаны размеры 1 и 2. Для размера 1 принцип совмещения баз выдержан, т.к. технологическая и конструкторская базы совпадают (плоскость 1), а для размера 2 этот принцип не соблюдается, поскольку технологической базой является плоскость 3, конструкторской – плоскость 2. Поэтому погрешность базирования для размера 1 будет равна нулю ( $\epsilon_{\delta 1}=0$ ), а для размера 2 она будет равна допуску на базисный размер  $H$  ( $\epsilon_{\delta 2}=T_H$ ). Базисный размер – это расстояние между конструкторской и технологической (измерительной) базами или их проекциями на направление выполняемого размера. Аналогично имеем (рис. 4.3, б): для размера 2 – принцип совмещения баз выдерживается ( $\epsilon_{\delta 2}=0$ ), для размера 1 – не выдерживается ( $\epsilon_{\delta 1}=T_L$ ).

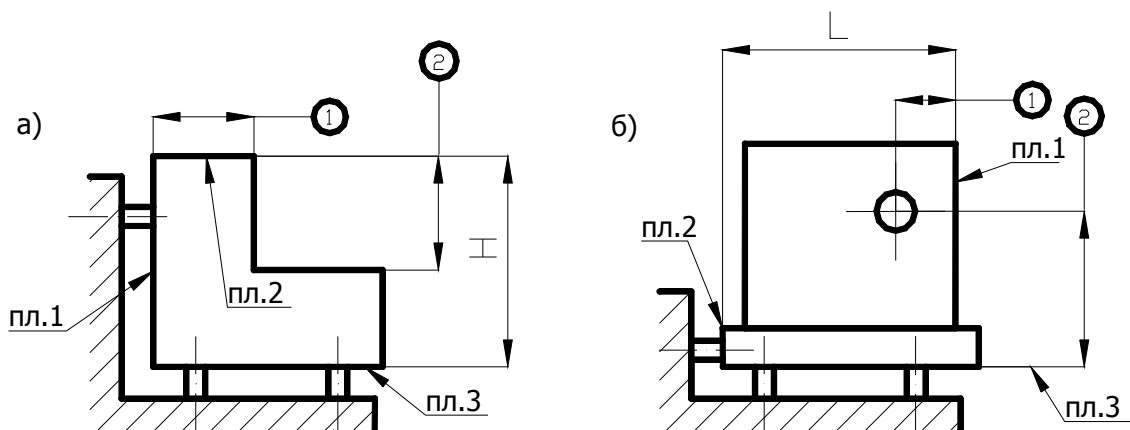


Рис. 4.3 - Базирование заготовки при фрезеровании углового паза (а) и сверлении отверстия (б).

## 4.2 Анализ схем базирования типовых деталей

Под схемой базирования понимают схему расположения опорных точек на базах. Все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками (рис. 4.4) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек (такая база называется основной). При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображается одна точка и около нее проставляют номера совмещенных точек.

Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть минимальным, но достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

Схемы базирования типовых (как и любых других деталей) строят в соответствии с правилом шести точек.



Рис. 4.4 - Условное обозначение опорных точек:

а – на виде спереди и сбоку;

б – на виде сверху (снизу).

### 4.2.1 Схема базирования призматических деталей

На рис. 4.5 показана схема установки призматической (в виде параллелепипеда) заготовки. Опоры (точки) расположены на трех координатных плоскостях. Стрелками показаны силы  $W_1$ ,  $W_2$  и  $W_3$ , принимающие заготовку к опорам. В процессе обработки закрепление заготовки осуществляют одной силой, направление которой, как правило, перпендикулярно основной базе. В нашем случае это сила  $W_1$ , вызывающая возникновение сил трения между

нижней базовой поверхностью и опорами, что препятствует смещению заготовки в остальных направлениях. Изменяя направление и точку приложения силы  $W_1$ , можно прижать заготовку ко всем опорам одновременно.

При соблюдении условия неотрывности заготовки от всех шести опор (они показаны жирными точками), она не может быть сдвинута вдоль координатных осей и повернута вокруг них, т.е. лишается всех шести степеней свободы. Комплект баз, таким образом, будет состоять из установочной базы – нижняя плоскость (несет три опорные точки и лишает заготовку перемещения вдоль оси  $OZ$  и двух поворотов вокруг осей  $OX$  и  $OY$ ), направляющей базы – боковая плоскость (несет две опорные точки и лишает заготовку перемещения вдоль оси  $OX$  и поворота вокруг оси  $OZ$ ) и опорной базы (несет одну опорную точку и лишает заготовку перемещения вдоль оси  $OY$ ).

В качестве установочной базы (основная базирующая поверхность) принимают такую плоскость призматической заготовки, которая имеет наибольшие размеры; в качестве направляющей – плоскость (поверхность) наибольшей протяженности.

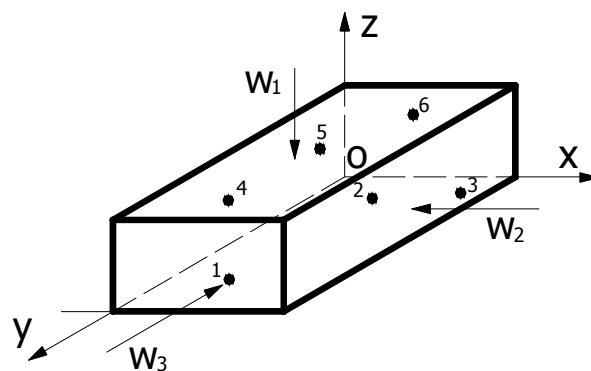


Рис.4.5 - Схема установки призматической заготовки.

#### ***4.2.2 Схемы базирования цилиндрических деталей***

Схемы базирования цилиндрических деталей можно условно разделить на две группы:

- базирование длинных цилиндрических деталей ( $l/d > 1$ , где  $l$  – длина детали,  $d$  – ее диаметр).

- базирование коротких цилиндрических деталей ( $l/d \leq 1$ ).

#### 4.2.2.1 Базирование длинных цилиндрических деталей

Для точного определения положения гладкого вала в пространстве необходимо задать пять жестких координатных связей (точек, опор), которые лишат его пяти степеней свободы. Базовая цилиндрическая поверхность задается четырьмя координатными точками: две из них лежат на образующей 1-2 (лишают вал перемещения вдоль оси OZ и поворота вокруг оси OX) и две – на образующей 3-4 (лишают деталь перемещения вдоль оси OX и поворота вокруг оси OZ) (рис. 4.6.). Таким образом, цилиндрическая поверхность является двойной направляющей базой – основной базой длинной цилиндрической детали.

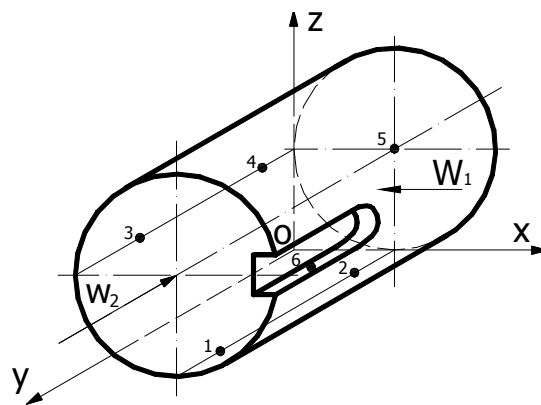


Рис. 4.6 - Схема установки длинной цилиндрической детали.

На торце вала задается координатная точка 5, лишаящая вал перемещения вдоль оси OY (опорная база). В большинстве случаев для гладкого вала этого достаточно. При необходимости лишения вала всех шести степеней свободы шестая координатная точка 6 может быть задана на поверхности шпоночной канавки (лыски или радиально просверленного отверстия), которая лишает вал вращения вокруг оси OY (опорная база).



Таким образом, комплект баз для полного базирования длинной цилиндрической детали включает двойную направляющую базу и две опорных базы.

#### 4.2.2.2 Базирование коротких цилиндрических деталей

При базировании коротких цилиндрических деталей координатные точки, лежащие на образующих цилиндра, настолько близко располагаются друг к другу, что практически сливаются в одну, и деталь не сможет занять достаточно устойчивого положения. Поэтому за основную базирующую поверхность принимается торец детали, несущий три опорные координатные точки 1, 2, 3 и лишаящие деталь перемещения вдоль оси  $OY$  и поворотов вокруг осей  $OX$  и  $OZ$  (установочная база) (рис.4.7).

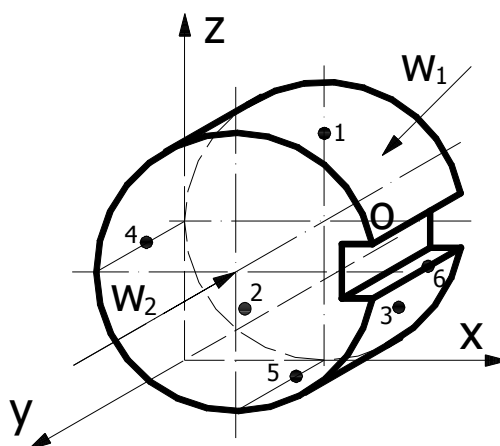


Рис.4.7 - Схема установки короткой цилиндрической детали.

Цилиндрическая поверхность несет две координатные точки 4, 5, лишаящие деталь двух перемещений вдоль осей  $OX$  и  $OZ$  (двойная опорная база). Фиксация от поворота вокруг оси  $OY$  осуществляется опорной точкой 6, расположенной на поверхности шпоночного паза, лыски или отверстия.

Таким образом, для полного базирования коротких цилиндрических деталей необходим также комплект из трех баз: установочной, двойной опорной и опорной.

Установку по наружным цилиндрическим поверхностям производят на призмы, во втулку или в самоцентрирующие патроны.

### **4.2.3 Схемы базирования с использованием конических поверхностей**

Также как в предыдущем случае, эти схемы можно разделить на две группы:

- базирование с использованием длинных конических поверхностей (конусы Морзе и т.п.);
- базирование с использованием коротких конических поверхностей (центровые отверстия и центры различных конструкций).

При установке детали длинной конической поверхностью, например, в конусном отверстии шпинделя станка, она лишается пяти степеней свободы, так как на длинной конической поверхности находятся пять координатных опорных точек 1, 2, 3, 4, 5 (рис.4.8) и она является одновременно двойной направляющей и опорной базой (основная база). Для ориентирования детали в угловом положении (вокруг оси ОХ) требуется еще одна опорная точка, которая располагается либо на поверхности лапки (рис. 4.8, точка б), либо в отверстии под штифт или шпонку.

Таким образом, для полного базирования длинных конических деталей необходим комплект из двух баз: двойной направляющей и одновременно опорной и опорной базы. Это является исключением из правила шести точек.

При установке детали в центрах станка используются короткие конические поверхности (центровые гнезда), выполненные в торцах детали. Различают установку в жестких центрах, а также на передний (левый) плавающий и правый (задний) жесткий центры.

При установке в жестких центрах (рис. 4.9) левое центровое отверстие является основной базой и несет три опорные точки, а правое – только две. Вместе они лишают деталь пяти степеней свободы и образуют двойную направляющую и опорную базу. Шестую степень свободы (поворот вокруг оси ОХ) можно отнять, если расположить опорную точку в радиально просверленном отверстии, шпоночном пазу (рис. 4.9) или на фрезерованной лыске.

При установке на один плавающий и один жесткий центры распределение опорных точек несколько изменяется (рис. 4.10). В каждом из центровых отверстий расположены по две опорные точки (вместе они образуют двойную направляющую базу и лишают деталь 4-х степеней свободы: двух перемещений вдоль осей  $OY$  и  $OZ$  и двух поворотов вокруг этих же осей), пятая опорная точка расположена на левом торце детали (опорная база, которая лишает деталь перемещения вдоль оси  $OX$ ) и шестая опорная точка, в случае необходимости, может быть расположена в шпоночном пазу, отверстии или на лыске.

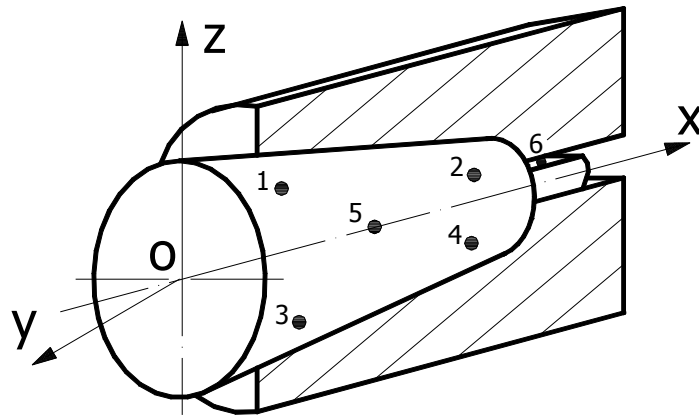


Рис. 4.8 - Схема установки длинной конической

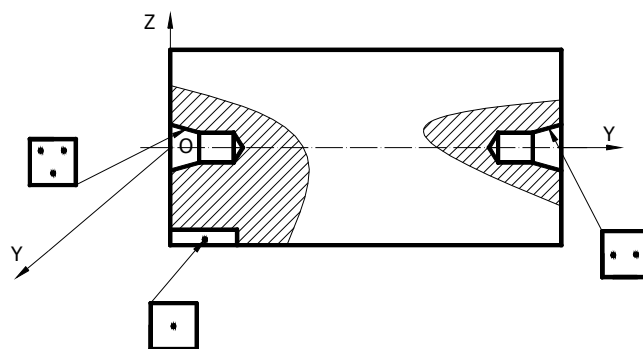


Рис. 4.9 - Схема установки детали в жестких центрах.

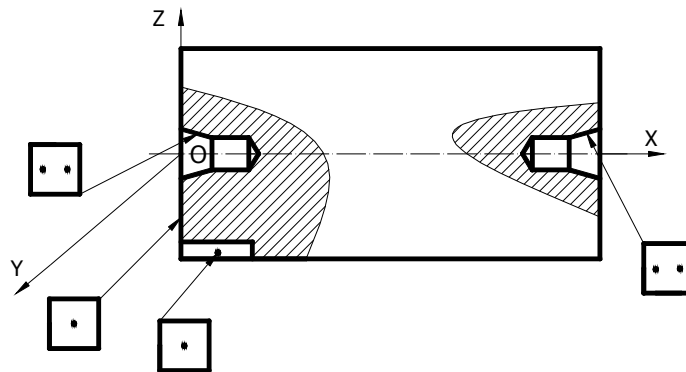


Рис. 4.10 - Схема установки детали на передний плавающий и задний жесткий центры.

Таким образом, для полного базирования деталей по коротким коническим поверхностям необходим комплект из трех баз: двойной направляющей базы и двух опорных баз.

#### ***4.2.4 Схемы базирования по плоскости и отверстиям с применением установочных пальцев***

Заготовка отверстиями базируется на установочные элементы, называемые пальцами. Установочные пальцы в зависимости от конструкции и способа крепления в корпусе приспособления бывают:

- постоянными и сменными;
- цилиндрическими и срезанными;
- высокими и низкими.

Высокие цилиндрические пальцы лишают заготовку четырех степеней свободы и реализуют двойную направляющую базу, низкие цилиндрические лишают заготовку двух степеней свободы и реализуют двойную опорную базу.

Схемы базирования по плоскости и отверстиям можно разделить на три группы:

- базирование по торцу и отверстию;

- базирование по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости;

- базирование по плоскости и двум отверстиям, оси которых перпендикулярны плоскости.

*При базировании деталей по торцу и отверстию возможны два случая:*

а) основной базирующей поверхностью является отверстие;

б) основной базирующей поверхностью является торец (плоскость).

Для правильного построения этих схем необходимо придерживаться следующего правила: для статической определенности установки торец и отверстие должны вместе нести только пять опорных точек.

В первом случае (рис. 4.11) распределение опорных точек выглядит следующим образом: отверстие лишает заготовку четырех степеней свободы и является двойной направляющей базой, а торец – одной степени свободы и является опорной базой.

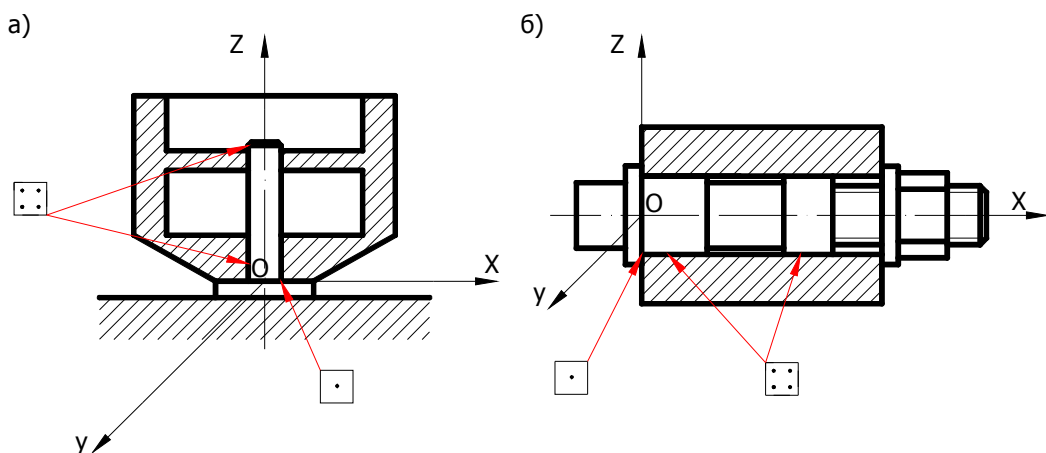


Рис. 4.11 - Схемы установки детали на высокий цилиндрический палец (а) и цилиндрическую оправку (б).

Во втором случае (рис. 4.12), когда за основную базу требуется принимать торец детали, установочный палец должен быть низким, а распределение опорных точек следующее: торец лишает заготовку трех степеней свободы и является

установочной базой, отверстие – двух степеней свободы и является двойной опорной базой (рис. 4.12,б).

Таким образом, эти схемы обеспечивают упрощенное базирование.

Установка по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости, применяется при обработке корпусных деталей редукторов, коробок скоростей и т.п., когда требуется обеспечить высокую точность взаимного расположения осей отверстий между собой, а также относительно базовой плоскости.

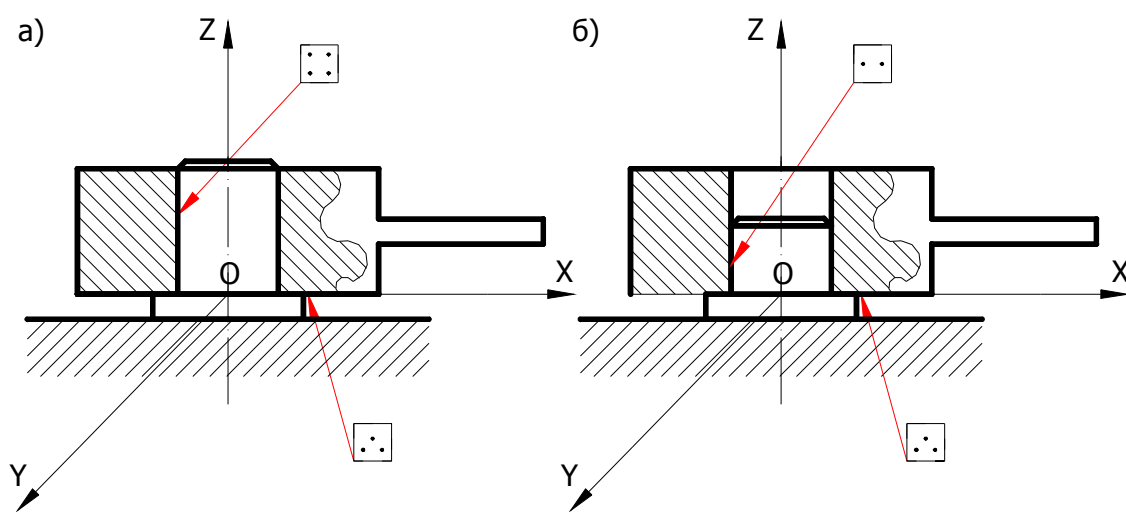


Рис. 4.12 - Схемы базирования по торцу и отверстию, когда основной базирующей поверхностью является торец: а – неправильно, б – правильно.

Эта схема обеспечивает полное базирование детали с лишением ее всех шести степеней свободы. При этом плоскость является основной базой – установочной и лишает заготовку трех степеней свободы (три опорные точки); на торце имеется одна опорная точка (опорная база), которая лишает заготовку перемещения вдоль оси  $OX$ ; в отверстии расположены две опорные точки (направляющая база, которая реализуется с помощью высокого срезанного пальца с главной диагональю, параллельной основной плоскости) (рис. 4.13).

Установка по плоскости и двум отверстиям с осями, перпендикулярными плоскости, используется очень широко при обработке деталей малых и средних размеров типа корпусов, плит, рам, картеров и др.

Базирование приспособлений-спутников на поточных и автоматических линиях осуществляется по этой же схеме. Теоретически схема базирования выглядит следующим образом (рис. 4.14): плоскость несет три опорные точки и является основной базирующей поверхностью (установочная база), в одном из отверстий образуются две опорные точки (двойная опорная база), а в другом – одна опорная точка (опорная база). Таким образом, данная схема базирования обеспечивает полное базирование заготовки в соответствии с правилом шести точек.

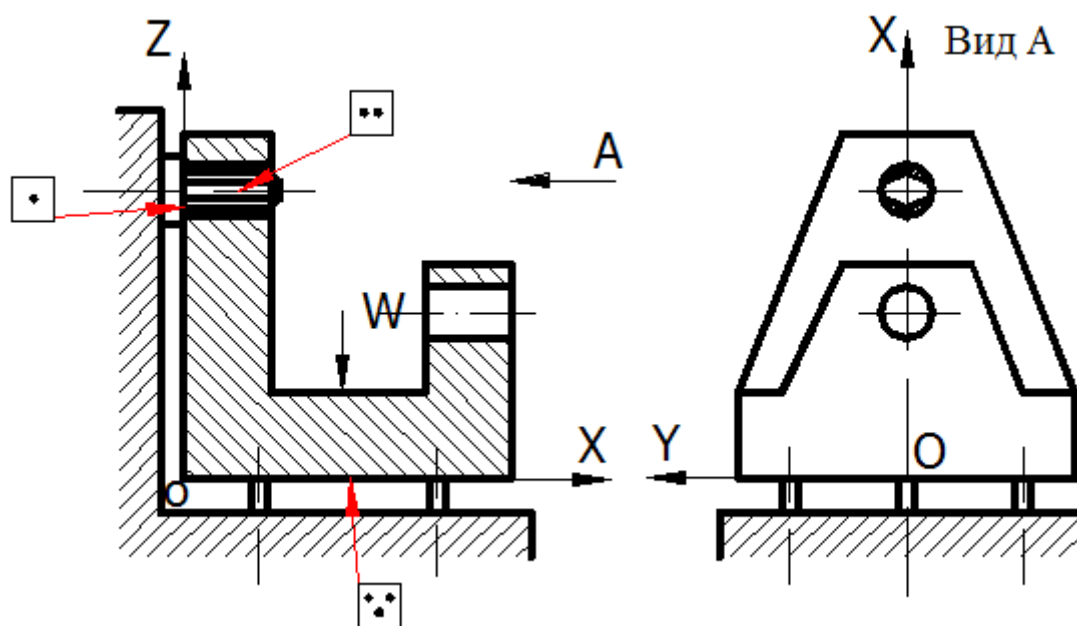


Рис. 4.13 - Схема базирования по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости.

Такую схему можно применять, если размеры базовой плоскости заготовки больше или соизмеримы с ее высотой, иначе заготовка занимает недостаточно устойчивое положение.

Распределение опорных точек между поверхностями, входящими в комплект баз, может быть изменено, если глубина хотя бы одного из отверстий больше его диаметра. Тогда в этом отверстии могут быть расположены четыре опорные точки (основная базирующая поверхность – двойная направляющая

база), а во втором отверстии и на плоскости по одной (опорные базы) (рис. 4.14,б).

Плоскость и два отверстия – всегда чистовые базы. Плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций, а отверстия, как правило, развертывают по 7 квалитету. В качестве установочных элементов применяют опорные пластины или кольца и два неподвижных или выдвигаемых пальца.

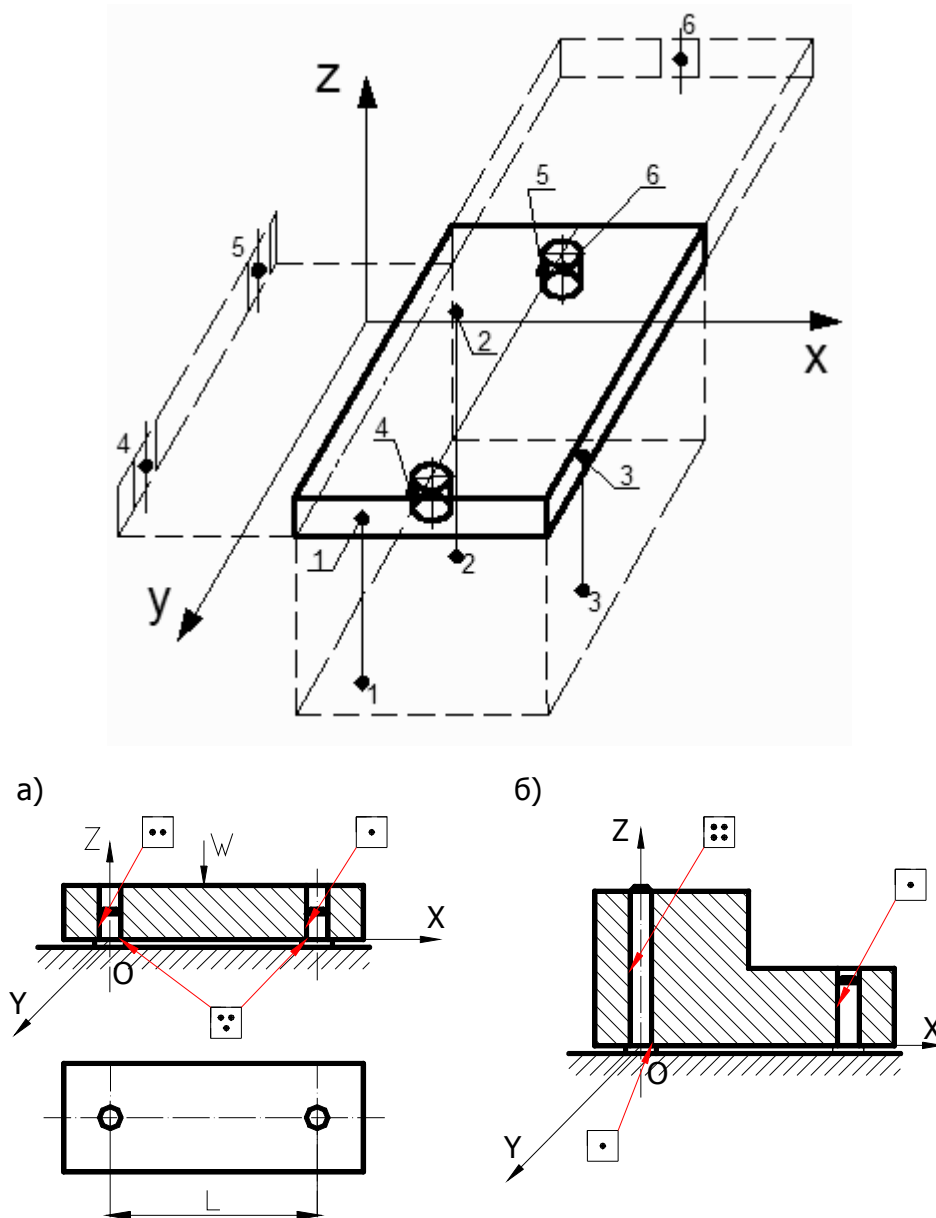


Рис. 4.14 - Схемы базирования по плоскости и двум отверстиям: а – традиционная, б – с использованием высокого цилиндрического пальца.



Конструктивно различают установку на два цилиндрических пальца или на один цилиндрический и один срезанный пальцы. Последняя схема обеспечивает большую точность.

Рассматриваемая схема установки обладает рядом преимуществ:

- позволяет наиболее полно реализовать принцип постоянства баз на различных операциях техпроцесса;
- позволяет достаточно просто осуществлять передачу и фиксацию заготовок на поточных и автоматических линиях;
- обеспечивает свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемой заготовке с различных сторон.

Граница применимости этих сочетаний определяется точностью диаметров и взаимного расположения базовых отверстий и требуемой точностью выдерживаемых на операции относительных расстояний и поворотов обрабатываемых поверхностей.

При проектировании приспособлений с двумя пальцами перед конструктором всегда стоит задача определения диаметров пальцев, допусков на их изготовление и износ, допуска на межцентровое расстояние пальцев. Исходными условиями, которыми должен руководствоваться конструктор при решении этой задачи являются: обеспечение установки на два пальца любой заготовки с межцентровым расстоянием и диаметром отверстий в пределах заданного допуска, обеспечение требуемой точности получаемых на операции размеров и взаимного положения поверхностей.

Диаметр одного из пальцев обычно задают равным номинальному размеру диаметра базового отверстия, а допуск назначают по  $f_6$ ,  $f_7$  или  $e_9$  в зависимости от точности отверстия. Диаметр второго пальца определяют исходя из первого условия.

Существуют определенные условия, определяющие возможность установки заготовок на два цилиндрических пальца.

При установке деталей по плоскости и двум отверстиям необходимо выполнять расчеты, связанные с установкой на пальцы.

1) *Установка на два цилиндрических пальца.* Для вывода условия такой установки детали предполагаем худший случай из всех возможных, а именно: межцентровое расстояние отверстий у детали выполнено по наибольшему предельному размеру ( $L_g + IT_g/2$ ), зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными:  $S_{1min}$  и  $S_{2min}$  (рис. 4.15).

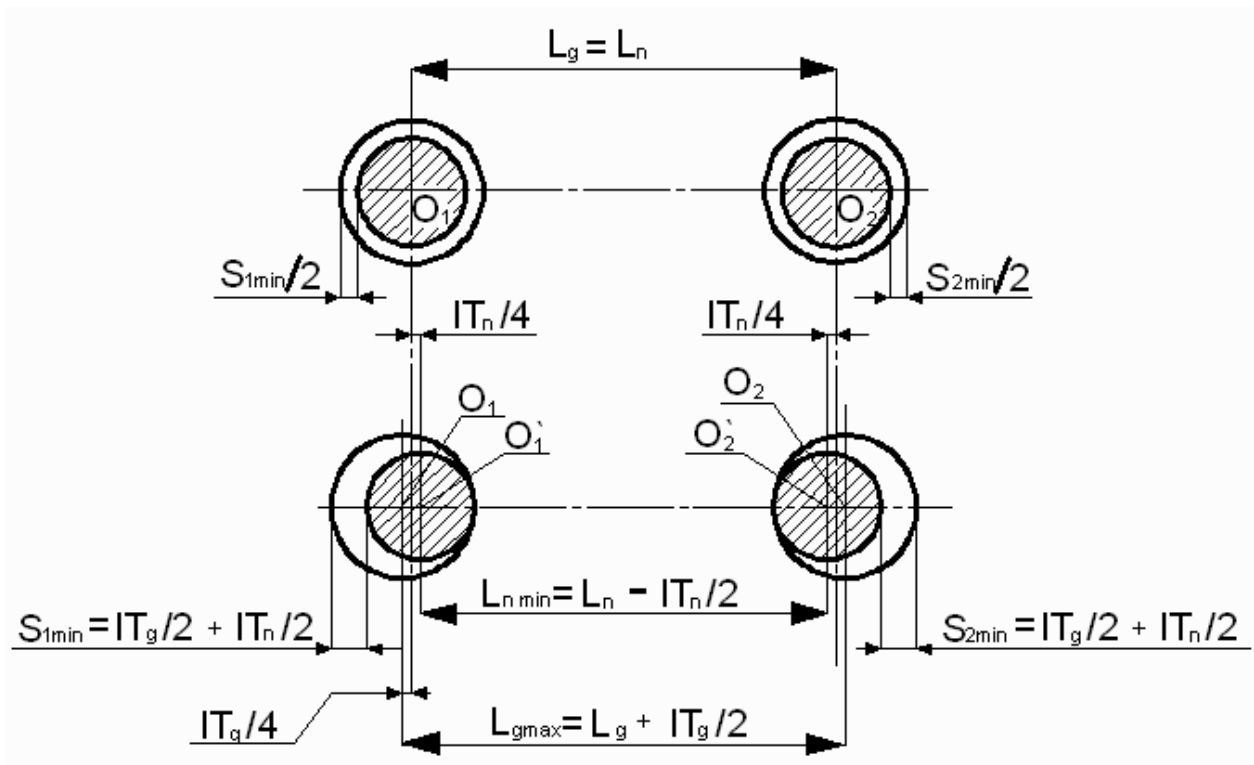


Рис. 4.15 - Схема к выводу условия установки на два цилиндрических пальца.

$$O_1O'_1 = O_2O'_2 = \frac{IT_g}{4} + \frac{IT_n}{4}.$$

Оси отверстий относительно осей пальцев могут сместиться на величину  $S_{1min}/2$  и  $S_{2min}/2$ .

Из графического построения находим:

$$\frac{S_{1min}}{2} + \frac{S_{2min}}{2} = 2 \left( \frac{IT_g}{4} + \frac{IT_n}{4} \right);$$

Отсюда можно определить условие установки заготовки на два цилиндрических пальца:

$$S_{1min} + S_{2min} \geq IT_d + IT_n. \quad (1)$$

Если необходимо выбрать минимальный зазор между пальцем и вторым отверстием так же, как и для первого отверстия по f6-e9, то как видно из условия (1), допуски на межцентровые расстояния должны быть очень малы. Это делает обработку базовых отверстий дороже. Обычно допуски на межцентровые расстояния пальцев и отверстий значительно шире (больше) допусков на их диаметры. Поэтому, чтобы выдержать условие (1) диаметр второго пальца приходится значительно уменьшить.

Определим диаметр второго пальца, исходя из условия, что зазор  $S_{2min}$  равен разности между минимальным диаметром отверстия  $d_{o\ min2}$  и максимальным диаметром пальца  $d_{n\ max2}$ , то есть  $S_{2min} = d_{o\ min2} - d_{n\ max2}$ .

Подставив это выражение в уравнение (1), получим:

$$S_{1min} + d_{o\ min2} - d_{n\ max2} = IT_g + IT_n.$$

$$\text{Отсюда} \quad d_{n\ max2} = (d_{o\ min2} + S_{1min} - IT_g - IT_n) - IT_{n2}; \quad (2)$$

где  $IT_{n2}$  – допуск на диаметр второго пальца, который выбирают так же, как и для первого.

*Пример.* В приспособление необходимо установить заготовки, имеющие базовые отверстия  $\varnothing 20^{+0,023}$  и межцентровые расстояния  $L_g \pm 0,05$  и  $L_n \pm 0,02$  мм. В первое отверстие устанавливают палец по посадке H/f7, имеющий размер  $\varnothing 20_{-0,04}^{-0,02}$  мм. Тогда  $S_{1min} = 0,02$  мм, а диаметр второго пальца по формуле (2):

$$d_{n2} = (20 + 0,02 - 0,1 - 0,04)_{-0,02} = 19,88_{-0,02} \text{ мм.}$$

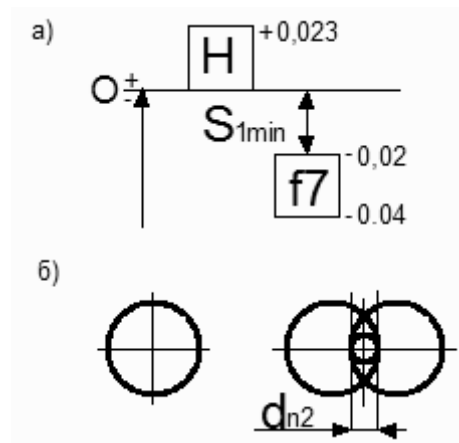


Рис. 4.16 - а) схема расположения полей допусков в сопряжении первого пальца с отверстием; б) схема расположения второго пальца во втором отверстии.

Следовательно, чтобы сохранить возможность установки на два цилиндрических пальца, необходимо увеличивать минимальные зазоры в сопряжениях пальцев и отверстий, что чаще всего приводит к недопустимому снижению точности установки. Значительно повысить эту точность, при сохранении возможности гарантированной установки любой детали из партии с межцентровым расстоянием базовых отверстий в пределах заданного допуска, удастся, если второй палец будет срезанным, а не цилиндрическим.

*Рассмотрим условие возможности установки деталей на один цилиндрический и один срезанный палец.*

Чтобы уменьшить расчетные минимальные зазоры и тем самым повысить точность базирования, не нарушая условия возможности установки на два пальца (1), один из них срезают, чем увеличивают зазор в направлении размера  $L_0$  (рис. 4.17).

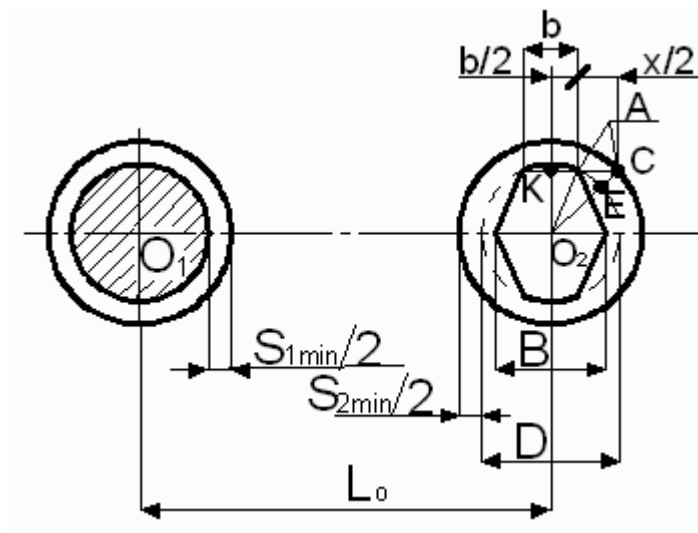


Рис. 4.17 - Схема к расчету зазора между срезанным пальцем и отверстием в направлении  $L_0$ .

Из  $\Delta KO_2C$  имеем:  $(O_2E + EC)^2 = (O_2K)^2 + (KA + AC)^2$ ;

Из  $\Delta AO_2K$  имеем:  $(O_2K)^2 = (AO_2)^2 - (AK)^2$ .

Подставляя значения величин отрезков, получим:

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{S_{2min}}{2}\right)^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{b^2}{4} + \left(\frac{b}{2} + \frac{x}{2}\right)^2; \quad (1)$$

Квадратами малых величин  $X$  и  $S_{2min}$  можно пренебречь. Тогда:

$$\frac{D^2}{4} + 2 \frac{DS_{2min}}{2 \cdot 2} + \frac{S_{2min}^2}{4} = \frac{D^2}{4} - \frac{b^2}{4} + \frac{b^2}{4} + 2 \frac{bx}{2 \cdot 2} + \frac{x^2}{4};$$

$$\frac{DS_{2min}}{2} = \frac{bx}{2}, \text{ откуда } X = \frac{D}{b} S_{2min}; \quad (2)$$

Следовательно, чем уже цилиндрический участок  $b$  срезанного пальца, тем больше зазор  $X$ . Однако чрезмерное уменьшение цилиндрического участка

приводит к быстрому износу пальца, поэтому ширину  $b$  следует брать наибольшую из возможных, определяя ее расчетом.

Подставляя в уравнение (1) значение  $X$  вместо  $S_{2min}$ , получим условие возможности установки на цилиндрический и срезанный пальцы.

$$S_{1min} + S_{2min} \frac{D}{b} \geq T_g + T_n; \quad (3)$$

$$\text{Откуда } b \leq \frac{S_{2min}}{T_g + T_n - S_{1min}} D; \quad (4)$$

Если получим  $S_{1min} > T_g + T_n$ , то есть  $b < 0$ , то базировать заготовку можно на два цилиндрических пальца.

*Определим величину предельного смещения (поворота) детали при установке ее по плоскости и отверстиям на два пальца.*

Предполагаем худший предельный случай, то есть что зазоры в сопряжениях пальцев с отверстиями оказались максимальными (рис 4.18).

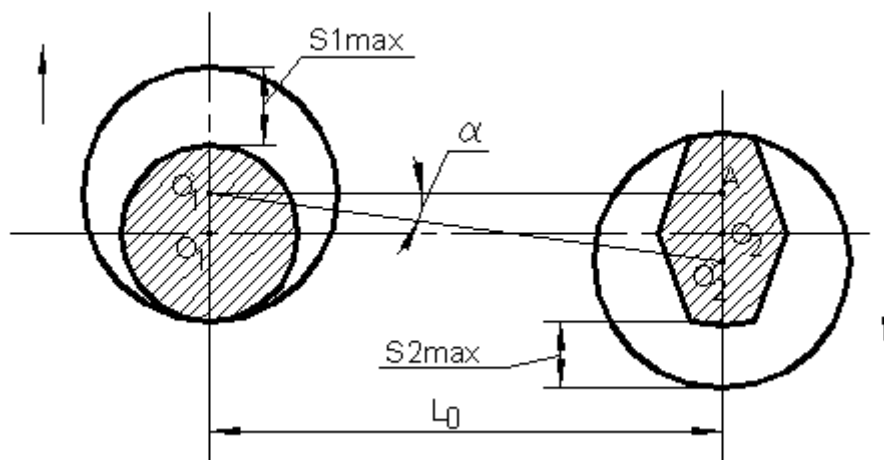


Рис. 4.18 - Схема к расчету поворота детали при установке на два пальца

Из построения имеем:

$$O_2A = O_1O'_1 = \frac{S_{1max}}{2},$$

$$O_2O'_2 = \frac{S_{2max}}{2},$$

$$O_2A = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2};$$

Из  $\Delta O_2O_1A$  находим:

$$\tan \alpha = \frac{O_2A}{L_0} = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2L_0};$$

$$\text{Откуда: } \alpha = \arctg \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2L_0} \quad (5)$$

При базировании по плоскости и одному отверстию на высоком срезанном пальце  $S_{1min} = 0$ . Условие возможности установки получаем из формулы (3):

$$S_{2min} \frac{D}{b} \geq T_{gL} + T_{nL}; \quad (6)$$

$$\text{Соответственно } b \leq \frac{S_{2min}}{T_{gL} + T_{nL}} D; \quad (7)$$

где  $T_{gL}$  – допуск на расстояние  $L$  между базовой плоскостью детали и осью отверстия.

$T_{nL}$  – то же между установочной плоскостью приспособления и осью пальца.

Допуски  $T_n$  и  $T_{nL}$  в зависимости от требуемой точности задаются в пределах  $1/5 \dots 1/2$  от допуска на межцентровые расстояния отверстий.

Установку на один палец проводят по посадкам:  $\frac{H7}{f7}$ ;  $\frac{H9}{f9}$  или  $\frac{H7}{f7}$ ; установку на два пальца – по посадкам  $\frac{H7}{f7}$  или  $\frac{H7}{f7}$ .

### 4.3 Погрешности установки заготовок в приспособлениях

Обрабатываемые детали в любой стадии обработки и в готовом виде имеют отклонения от геометрически точной формы и номинальных размеров, заданных чертежами. Эти отклонения (погрешности) должны лежать в пределах заданных допусков.

Различают:

1) погрешности отдельных элементарных поверхностей в виде отклонения из размеров от номинала и искажений формы в продольных и поперечных сечениях;

2) погрешности во взаимном расположении элементарных поверхностей и их осей в виде отклонения координирующих размеров от номинала и искажений в параллельности, перпендикулярности, соосности и т.д.

Погрешности установки, связанные с базированием, закреплением и неточностью приспособлений, оказывают прямое влияние на пространственные отклонения, то есть на отклонения координирующих размеров и соотношений, и не оказывают влияния на отклонения размеров и формы отдельных поверхностей, за исключением случаев зажима тонкостенных деталей.

Суммарная погрешность любого координирующего размера складывается из первичных погрешностей, которые принято делить на три группы:

- 1) погрешность установки деталей;
- 2) погрешность настройки станка;
- 3) погрешность обработки.

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \Delta_n + \Delta_{обр.}$$

Погрешность установки  $\varepsilon_y$  возникает в процессе установки деталей в приспособления и складывается из погрешности базирования  $\varepsilon_б$ , погрешности закрепления  $\varepsilon_з$  и погрешности приспособления  $\varepsilon_{пр}$ , связанной с неточностью его изготовления, неточностью установки на станке, износом его установочных элементов, т.е.

$$\varepsilon_y = \varepsilon_б + \varepsilon_з + \varepsilon_{пр}.$$

Погрешность настройки  $\Delta_n$  возникает в процессе установки режущего инструмента на размер или регулировки упоров и копиров для автоматического получения заданных размеров на станке.

Погрешность обработки  $\Delta_{обр}$  возникает в процессе непосредственной обработки и вызывается:



1) геометрической неточностью станка в ненагруженном состоянии;  
2) деформацией упругой технологической системы СПИД под нагрузкой;  
3) износом и температурными деформациями режущего инструмента и другими причинами.

Если все эти погрешности сложить, то получим условие обеспечения заданной точности координирующего размера

$$\varepsilon_y + \Delta_n + \Delta_{обр} \leq T,$$

где  $T$  – допуск на размер, выполняемый на данной операции (установке).

Каждая из составляющих погрешностей установки, то есть  $\varepsilon_б$ ,  $\varepsilon_з$  и  $\varepsilon_{пр}$ , представляет собой величину поля рассеяния получаемого координирующего размера при данной установке.  $\varepsilon_б$ ,  $\varepsilon_з$  и  $\varepsilon_{пр}$  представляют собой поля рассеяния случайных величин, распределение которых подчиняется закону нормального распределения (закон Гаусса), то погрешность установки будет равна:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2}.$$

*Погрешностью базирования*  $\varepsilon_б$  называют отклонение фактического положения заготовки от требуемого. Оно возникает при несовмещении конструкторской и установочной (технологической) баз заготовки: положение конструкторских баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обрабатываемой поверхности.

Погрешность базирования численно равна разности предельных расстояний между конструкторской базой и установленным на размер инструментом или упором. Например (рис.4.19).

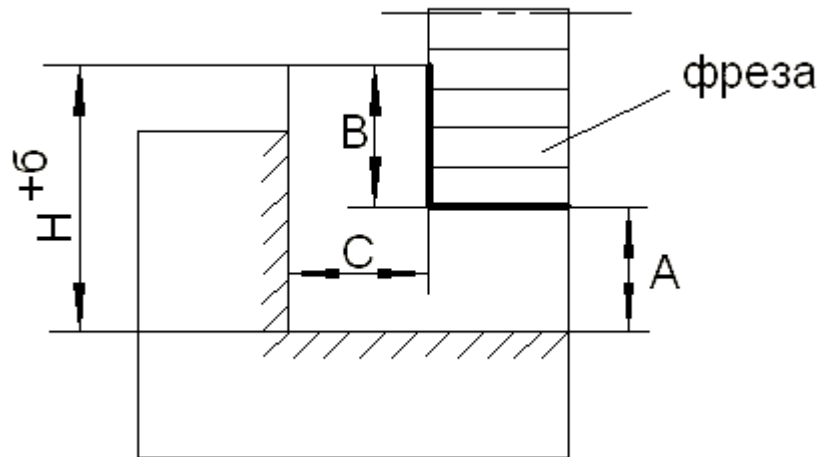


Рис. 4.19 - Схема базирования детали при фрезеровании уступа

$$\varepsilon_{\delta A} = \varepsilon_{\delta C} = 0.$$

$\varepsilon_{\delta B} = \delta$ ; то есть погрешность базирования для размера В равна допуску на базисный размер Н, соединяющий установочную и конструкторскую базы.

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров (кроме диаметральных и размеров, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одним инструментом или одной инструментальной наладкой), на точность взаимного положения поверхностей и не влияет на точность формы последних.

Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и конструкторские базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы.

*Погрешностью закрепления заготовки  $\varepsilon_3$*  называют величину поля рассеяния координирующего размера, возникающего по причине смещения (осадки) конструкторской базы под действием сил резания.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, численно равна разности предельных расстояний между конструкторской базой и установленным на размер режущим инструментом или упором.

Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна; при этом поле допуска выполняемого размера не изменяется, а его положение можно скорректировать настройкой станка.

Однако в связи с колебанием сил зажима (удельных давлений) при переходе от одной детали к другой, неоднородностью качества поверхности у деталей партии неизбежны колебания величины осадки конструкторской базы. Смещение этой базы происходит в результате деформации звеньев цепи, через которую передается сила закрепления (заготовка – установочные элементы – корпус приспособления). Из всего баланса перемещений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в стыке заготовка – установочные элементы.

Контактные деформации в постоянных сопряжениях приспособления, деформации сжатия заготовки и деталей приспособления малы.

Зависимость контактных деформаций для стыков заготовка – опоры приспособления выражается нелинейным законом:

$$y = C Q^n;$$

где  $Q$  – сила, приходящаяся на опору ( $n < 1$ );

$C$  – коэффициент, характеризующий вид контакта, материал, шероховатость поверхности и верхний слой заготовки.

Для типовых случаев  $C$  и  $n$  находят экспериментально. При обработке партии заготовок сила  $Q$  колеблется от  $Q_{\max}$  до  $Q_{\min}$ , а коэффициент  $C$  – от  $C_{\max}$  до  $C_{\min}$ .

$Y_1 = y_{\max} - y_{\min} = C_{\max} Q_{\min}^n - C_{\min} Q_{\max}^n$  – характеризует поле рассеяния перемещений заготовки в результате ее деформации при контакте с опорами приспособления.

Величину  $\varepsilon_3$  можно уменьшить, стабилизируя силу закрепления (пневматические и гидравлические зажимы вместо ручных), повышая жесткость стыка опоры приспособления – базовая поверхность заготовки, улучшая качество базовых поверхностей, а также увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, не влияет на точность диаметров и размеров, связывающих обрабатываемые при данном установе поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей.

*Погрешность приспособления  $\varepsilon_{пр}$* , вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов  $\varepsilon_{yc}$ , износом последних  $\varepsilon_{и}$  и ошибками установки приспособления на станке  $\varepsilon_c$ .

*Составляющая  $\varepsilon_{yc}$*  характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. При использовании одного приспособления это – систематическая постоянная погрешность, которую частично или полностью устраняют настройкой станка.

При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав  $\varepsilon_{пр}$ . Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают  $\varepsilon_{yc}$  в пределах 0...15 мкм, а для прецизионных приспособлений – 0...10 мкм.

*Составляющая  $\varepsilon_{и}$*  характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий, их конструкции размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности, а также условий установки заготовки в приспособления и снятия ее.

Износ опор ограничивают расчетной величиной износа и контролируют при плановой периодической проверке приспособлений. Если износ достигает предельно допустимой величины, производят смену опор.

*Составляющая  $\varepsilon_c$*  выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка.

В массовом производстве при неизменяемом закреплении приспособления на станке  $\varepsilon_c$  доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка. В серийном производстве – периодически меняют приспособления на станках, величина  $\varepsilon_c$  становится при этом некомпенсируемой случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину  $\varepsilon_c$  дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений.

Смещения приспособлений на станке уменьшают применением направляющих элементов (шпонка для пазов станка, центрирующие пояски, фиксаторы), правильным выбором зазоров в сопряжениях, а также равномерной затяжкой крепежных деталей. Величина  $\varepsilon_c$  составляет 10...20 мкм.

Величины  $\varepsilon_{yc}$ ,  $\varepsilon_n$  и  $\varepsilon_c$  представляют собой поле рассеяния случайных величин.

При использовании приспособлений в серийном производстве:

$$\varepsilon_{пр} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_n^2 + \lambda_2 \varepsilon_c^2} + \varepsilon_{yc};$$

где  $t$  – коэффициент, определяющий долю возможного брака, %; рекомендуется принимать  $t=3$ ;

$\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – коэффициенты, зависящие от кривой распределения; для кривой равной вероятности  $\lambda_1=1/3$ , для кривой Гаусса  $\lambda_2=1/9$ .

Величина  $\varepsilon_{yc}$  рассматривается как постоянная, учитываемая и компенсируемая настройкой станка.

Для указанных значений  $t$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2} + \varepsilon_{\text{ус}}.$$

При использовании приспособления в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и  $\varepsilon_{\text{ус}}$ ,  $\varepsilon_{\text{с}}$  компенсируются настройкой станка):

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{и}}.$$

При использовании приспособлений-спутников на автоматической линии:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{ус}}^2 + 3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2}.$$

Погрешность установки как суммарное поле случайных величин ( $t=3$ ,  $\lambda=1/9$ ) определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{у}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2} \leq \varepsilon_{\text{доп}},$$

где  $\varepsilon_{\text{доп}}$  – допустимая погрешность установки, которая находится из выражения для технологического допуска на выполняемый размер:

$$T_{\text{тех}} = \sqrt{(\Delta_{\text{у}})^2 + (\Delta_{\text{н}})^2 + \varepsilon_{\text{у}}^2 + 3(\Delta_{\text{н}})^2 + 3(\Delta_{\text{Т}})^2 + \sum \Delta_{\Phi}};$$

где  $\Delta_{\text{у}}$  – погрешность, вызываемая упругими отжатыми технологической системы под влиянием сил резания;

$\Delta_{\text{н}}$  – погрешность настройки станка;

$\Delta_{\text{и}}$  – погрешность от размерного износа инструмента;

$\Delta_{\text{Т}}$  – погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\sum \Delta_{\Phi}$  – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности в результате геометрических погрешностей станка и деформацией заготовки при

ее закреплении. Эта величина входит в выражения  $T_{\text{тех}}$ , так как погрешность формы поверхности является частью поля допуска на ее размер.

$$\varepsilon_{\text{фп}} = \sqrt{(T_{\text{тех}} - \sum \Delta_{\Phi})^2 - (\Delta_y)^2 - (\Delta_H)^2 - 3(\Delta_H)^2 - 3(\Delta_T)^2};$$

Для принятой схемы установки должно выполняться условие  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{доп}}$ . В противном случае изменить построение операции обработки или схему установки заготовки.

### 4.3.1 Расчет погрешностей базирования и закрепления

Для приближенного определения допустимой погрешности базирования можно пользоваться формулой:

$$\varepsilon_{\text{б фак}} \leq \varepsilon_{\text{б доп}} \leq T - \Delta,$$

где  $T$  – допуск на размер,

$\Delta$  - суммарная погрешность (без погрешности базирования), определяемая для размера, получаемого в данном переходе, по таблицам средней экономической точности.

Действительная, или фактическая, погрешность базирования должна быть меньше или равна допустимой, то есть  $\varepsilon_{\text{б действ.}} \leq \varepsilon_{\text{б доп}}$ .

Методика расчета погрешности базирования заключается в следующем:

- определить положение конструкторской и технологической баз для выполняемого размера;
- спроецировать эти базы на направление выполняемого размера;
- если проекции совпали, то погрешность базирования равна нулю;
- если не совпали, то необходимо определить допуск на размер, соединяющий эти проекции ( базисный размер ). Это и будет величина погрешности базирования.

### 4.3.2 Погрешности базирования при установке деталей плоскостью

Рассмотрим схемы обработки (фрезерования) плоскости 2 при различных схемах базирования (рис. 4.20).

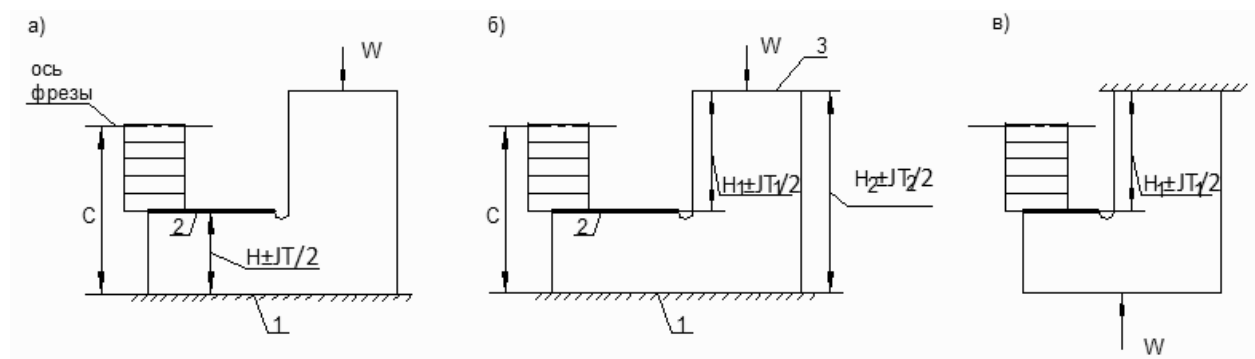


Рис. 4.20 - Схема обработки плоскости 2 при различном базировании.



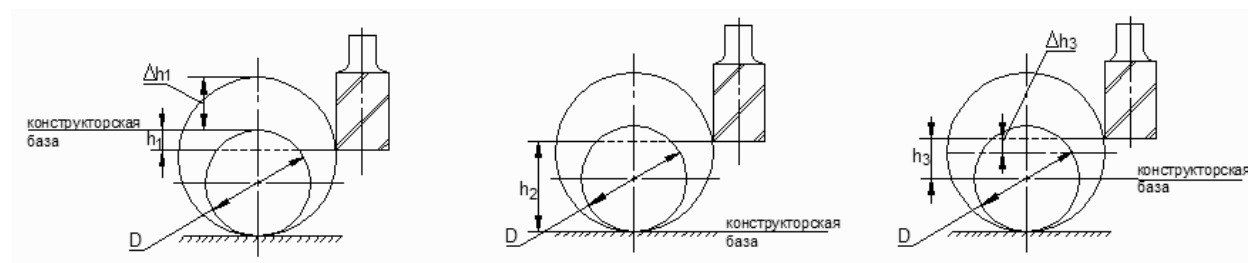
Рис. 4.20, а – опорная установочная база (плоскость 1) является и конструкторской.  $\varepsilon_{\delta} = 0$ .

Рис. 4.20, б – установочная база- плоскость 1 , а конструкторской является плоскость 3.

Настроечный размер  $C$  в обоих случаях постоянен, то есть  $C = \text{const}$ , а конструкторская база 3 будет колебаться относительно лезвий фрезы в пределах допуска на базисный размер  $H_2$  , полученный на предыдущей операции. Это и будет погрешностью базирования  $\varepsilon_{\text{бн1}} = IT_2$ . Эта погрешность входит в суммарную погрешность получаемого при данной установке размера  $H_1 \pm \frac{IT_1}{2}$  . Для того, чтобы погрешность базирования  $\varepsilon_{\text{бн1}}$  свести к нулю, необходимо конструкторскую базу совместить с установочной, как показано на рисунке 4.20, в.

### 4.3.3 Погрешности базирования при установке деталей наружной или внутренней цилиндрической поверхностью

При фрезеровании лыски на цилиндрической детали (вал), ее положение может быть задано размерами  $h_1$ ,  $h_2$  или  $h_3$  (рис. 4.21).



а)  $\varepsilon_{\delta h1} = \Delta_{h1} = T_D$

б)  $\varepsilon_{\delta h2} = 0$

в)  $\varepsilon_{\delta h3} = \Delta_{h3} = 0,5 T_D$

Рис. 4.21 - Схемы обработки лыски на валу при базировании на плоскость.

В первом и третьем случаях валы установлены вспомогательной базой, поэтому неизбежны погрешности базирования, которые зависят от допуска  $T_D$

на диаметр устанавливаемых валов  $D$ . При установке вала на призму погрешности базирования зависят также от угла призмы  $\alpha$  (рис. 4.22).

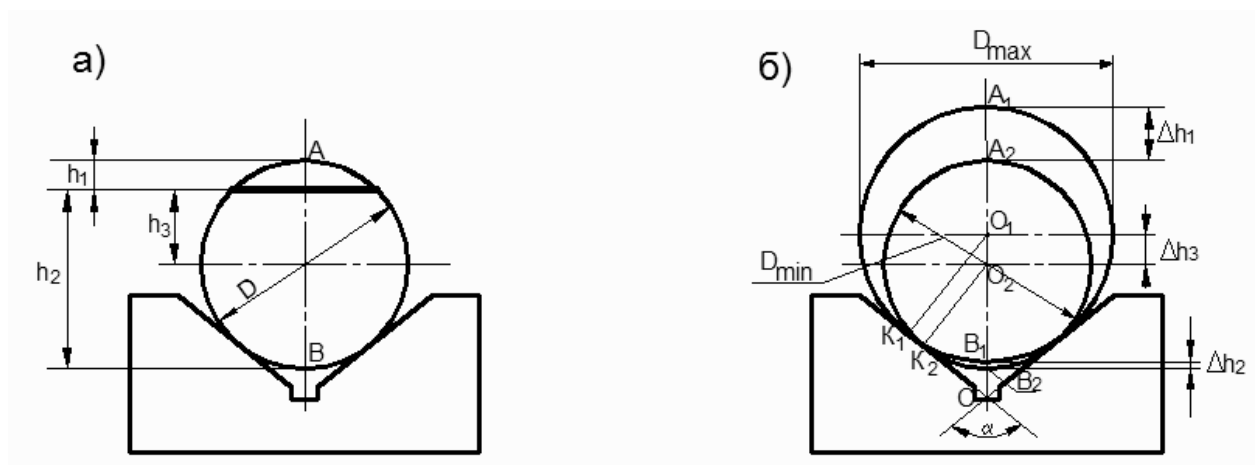


Рис. 4.22 - Схема обработки лыски при установке вала в призме.

Для определения этих погрешностей предположим, что на призму поочередно установлены два вала из партии: один с наибольшим диаметром  $D_{max}$ , другой с наименьшим  $D_{min}$  (рис. 4.22, б).

Рассчитаем расстояния:

- 1)  $\Delta_{h1}$  между верхними образующими валов;
- 2)  $\Delta_{h2}$  между нижними образующими валов;
- 3)  $\Delta_{h3}$  между их осями.

Эти расстояния и будут погрешностями базирования соответствующих размеров при установках детали по схемам, показанным на рисунках а и б.

Из геометрических построений находим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta h1} &= A_1C - A_2C = \left( \frac{D_{max}}{2} + \frac{D_{max}}{2 \sin \alpha/2} \right) - \left( \frac{D_{min}}{2} + \frac{D_{min}}{2 \sin \alpha/2} \right) = \\ &= \frac{T_D}{2} + \frac{1}{\sin \alpha/2} \left( \frac{D_{max} - D_{min}}{2} \right) = \frac{T_D}{2 \sin \alpha/2} (1 + \sin \alpha/2). \end{aligned}$$

Аналогично

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta h2} &= \Delta_{h2} = CB_1 - CB_2 = \left( \frac{D_{max}}{2 \sin \alpha/2} - \frac{D_{max}}{2} \right) - \left( \frac{D_{min}}{2 \sin \alpha/2} - \frac{D_{min}}{2} \right) = \\ &= \frac{T_D}{2 \sin \alpha/2} (1 - \sin \alpha/2). \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{\delta h3} = \Delta_{h3} = CO_1 - CO_2 = \frac{D_{max}}{2 \sin \alpha/2} - \frac{D_{min}}{2 \sin \alpha/2} = \frac{T_D}{2 \sin \alpha/2}.$$

При  $\alpha=90^\circ$  получим:

$$\varepsilon_{\delta h1} = 1,21T_D; \varepsilon_{\delta h2} = 0,21T_D; \varepsilon_{\delta h3} = 0,71T_D.$$

При  $\alpha=180^\circ$  получим:

$$\varepsilon_{\delta h1} = T_D; \varepsilon_{\delta h2} = 0; \varepsilon_{\delta h3} = 0,5T_D.$$

Рассмотрим схему фрезерования шпоночного паза на валу при его базировании, как показано на рис. 4.23.

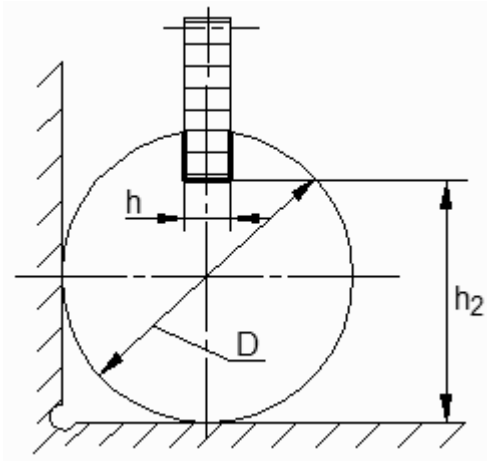


Рис. 4.23 - Схема фрезерования шпоночного паза на валу.

В этом случае  $\varepsilon_{\delta h2} = 0$ , так как конструкторская и установочная (технологическая) базы совпадают.

$\varepsilon_{\delta h} = 0$  – размер получен мерным инструментом (фреза).

Кроме указанных на рисунке размеров здесь имеется «скрытый» допуск – допуск не указанной на схеме симметричности паза относительно вертикальной оси, который будет равен половине допуска на размер  $h$ . Погрешность базирования для этого допуска будет равна:

$\varepsilon_{\delta} = 0,5T_D$  (конструкторская база – вертикальная ось, технологическая база – левая образующая цилиндра).

Для самоцентрирующего патрона:  $\varepsilon_{\delta h1} = 0; \varepsilon_{\delta h2} = 0,5T_D$  (рис. 4.24).

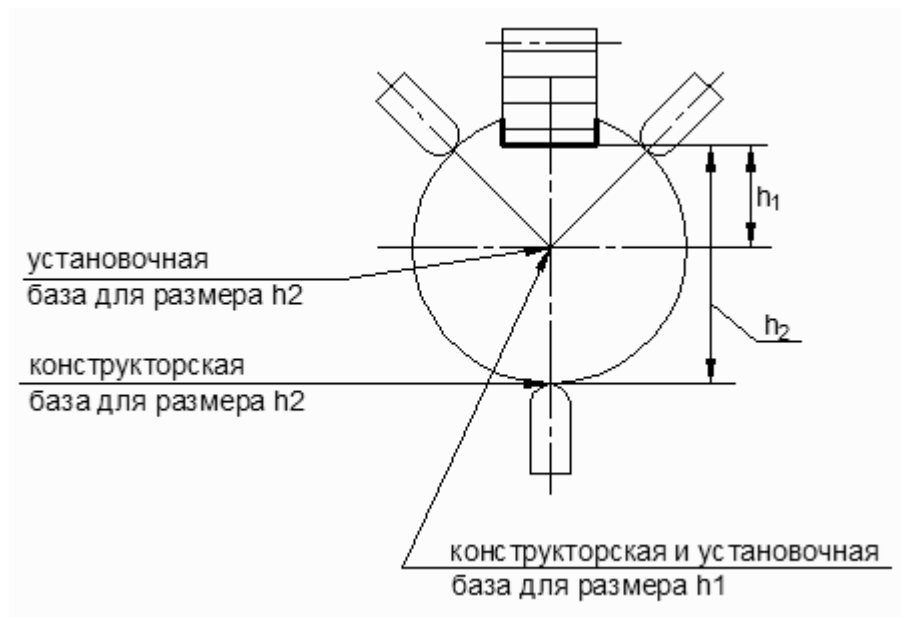


Рис. 4.24 - Обработка детали в самоцентрирующем патроне.

При обработке детали на цилиндрической оправке (рис. 4.25) можно получать размеры, как в диаметральном, так и в осевом направлении.

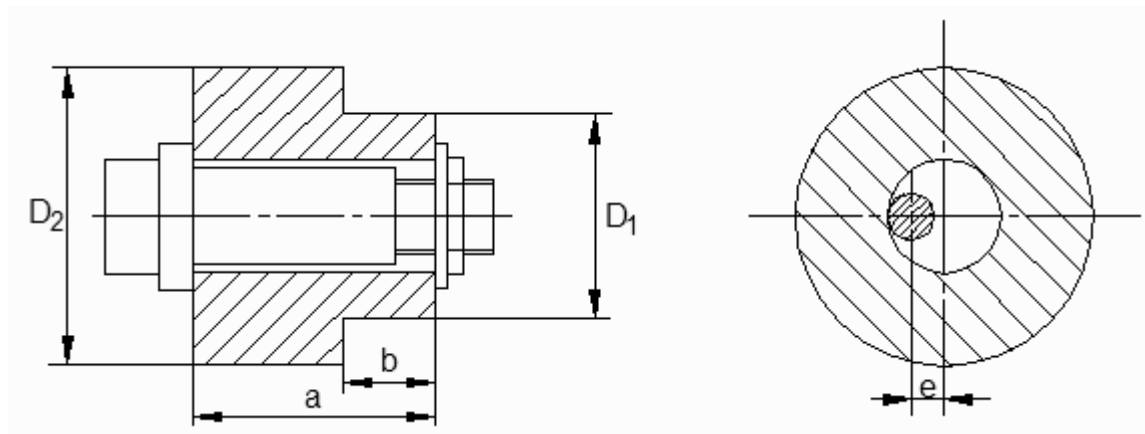


Рис. 4.25 - Обработка детали на цилиндрической оправке.

Конструкторской базой наружных поверхностей  $D_1$  и  $D_2$  является ось отверстия, а установочной базой – ось оправки. Конструкторской базой размера  $a$  является левый торец детали, установочной – тот же торец.

Конструкторской базой размера  $b$  является правый торец детали, установочной – левый торец.

При наличии зазора ось отверстия (конструкторская база) может смещаться относительно оси оправки (установочной базы) на величину

эксцентриситета  $e$ , равного половине зазора. В результате возникает погрешность базирования в виде биения наружной поверхности относительно внутренней, равная двум эксцентриситетам  $2e$ . Предполагая худший случай, то есть что в сопряжении возможен максимальный зазор  $S_{max}=2e$ , получим:

$$\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = S_{max} = S_{min} + T_A + T_B ,$$

где  $T_A$  – допуск на диаметр отверстия,

$T_B$  – допуск на диаметр оправки.

$$\varepsilon_{\delta a} = 0; \varepsilon_{\delta b} = T_a.$$

При установке деталей на оправки или пальцы с натягом погрешности базирования в радиальном направлении исключаются.

#### ***4.3.4 Погрешности базирования при установке деталей в жестких центрах***

При этой схеме базирования возможны погрешности в радиальном и осевом направлениях.

На первом переходе погрешность в радиальном направлении создается погрешностью зацентровки, то есть смещением оси центровых гнезд относительно оси заготовки. Приблизительно эту погрешность можно определить по формуле

$$\varepsilon_{\delta} = 0,25T_D;$$

где  $T_D$  – допуск на диаметральный размер заготовки.

Она определяется в виде биения заготовки при обработке. На последующих переходах погрешность уменьшается и вместе с другими погрешностями укладывается в поле допуска.

При установке в центрах погрешность базирования по длине шеек валов создается за счет колебания размера левого центрального гнезда, являющегося одновременно и упорной базой,

$$\varepsilon_{\delta l} = \Delta_y;$$

где  $\Delta_y$  – разность между наибольшей и наименьшей высотами конуса центрального гнезда у партии деталей.

Для центральных гнезд с углом конуса  $60^\circ$  эта погрешность в зависимости от размера гнезд колеблется в пределах  $0,1 \dots 0,25$  мм. Чтобы исключить эту погрешность, применяют плавающий центр, при котором обеспечивается постоянство положения деталей в осевом направлении.

#### ***4.3.5 Погрешности базирования при обработке деталей из прутка на револьверном станке по упорам***

Погрешности базирования в этом случае можно свести к нулю (исключить) правильной настройкой (регулировкой) упоров резцов (рис. 4.26).

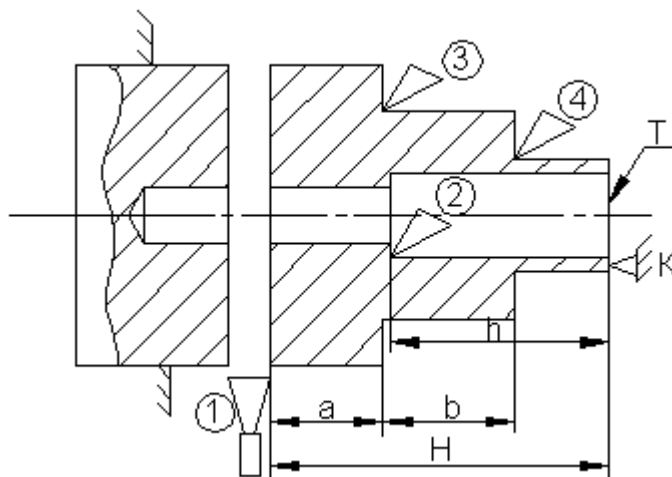


Рис. 4.26 - Схема обработки на токарно-револьверном станке.

Сначала настраивают упор К, определяющий положение торца Т. от упора К – упор резца 1 (размер Н) и упор расточного резца 2 (размер h). От упора резца 1 настраивают упор резца 3; а от упора 3 – упор резца 4.

#### ***4.3.6 Погрешности базирования при установке деталей плоскостью и двумя отверстиями***

При таком базировании возможно получение размеров в различных направлениях ( $h_1$ ,  $h_2$  и  $l$ ) как показано на рис. 4.27.

Если зазоры между отверстиями и пальцами равны, то  $\varepsilon_{\delta h1} = \varepsilon_{\delta h2} = \varepsilon_{\delta l} = S_{\max}$ , если не равны, то погрешность базирования будет равна меньшему из двух максимальных зазоров.

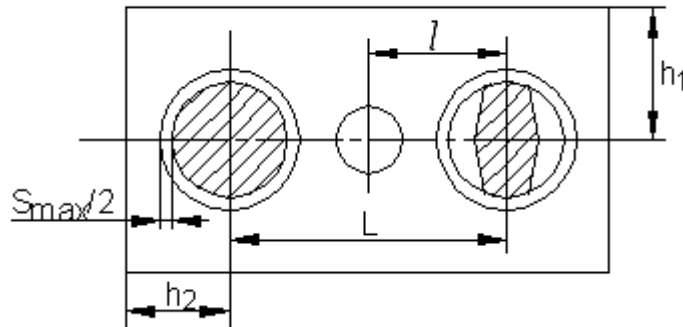


Рис. 4.27 - Базирование на плоскость и два отверстия, оси которых перпендикулярны плоскости.

#### 4.3.7 Погрешности закрепления при установке деталей в цанговых патронах

При обработке заготовок в патронах с втягиваемой цангой возникают погрешности в размерах по длине, так как при зажиме цанга оттягивает заготовку от лезвия инструмента на величину, зависящую от допуска на диаметр базовой поверхности (рис. 4.28).

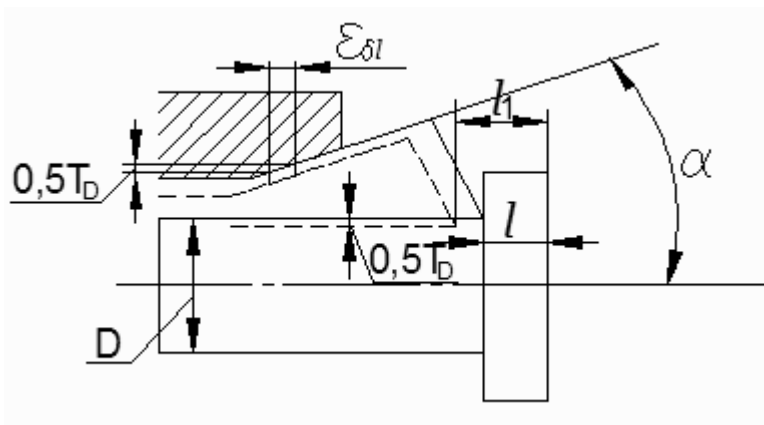


Рис. 4.28 - Обработка детали в цанговом патроне.

Погрешность базирования для размера  $l$  в этом случае будет равна:

$$\varepsilon_{\delta l} = \frac{0,5T_D}{\operatorname{tg} \alpha} ;$$

где  $\alpha$  – угол конуса цанги.

#### **4.3.8 Правила выбора установочных баз**

Погрешности, возникающие при базировании и закреплении обрабатываемых деталей, непосредственно влияют на точность выполнения координирующих размеров и соотношений. Поэтому правильный выбор баз имеет большое значение.

Готовая деталь может иметь комплекс черновых и комплекс обработанных поверхностей. Взаимная увязка комплекса черновых поверхностей обеспечивается в процессе получения заготовки путем воспроизведения на ней фигуры штампа, литейной формы и т.п. взаимная увязка комплекса обработанных поверхностей обеспечивается с необходимой точностью выбором баз и всей постановкой технологического процесса.

Для взаимной увязки этих двух комплексов поверхностей необходимо придерживаться определенных правил выбора баз.

##### **4.3.8.1 Выбор черновых баз**

Черновыми, то есть необработанными установочными базами приходится пользоваться на первой операции; общие правила выбора черновых баз следующие:

1) Если у деталей после окончательной обработки некоторые поверхности остаются черновыми, рекомендуется принимать их за установочные базы на первой операции и от них обрабатывать поверхности, используемые затем в качестве установочных баз. Этим обеспечивается взаимная увязка комплексов черновых и обработанных поверхностей.

2) У деталей, обрабатываемых шлифовальным кругом, за черновые базы следует принимать поверхности с наименьшими припусками. Такой выбор



исключает возможность появления брака из-за недостатка припуска на этих поверхностях.

3) Черновые базы должны быть по возможности ровными и чистыми. Нельзя принимать за базу места, где расположены прибыли, летники, разъемы опок (в отливках) или разъемы штампов (в поковках). Поверхность, используемая в качестве основной базы, должна обеспечивать наибольшую устойчивость и жесткость заготовки при обработке.

#### **4.3.8.2 Выбор чистовых баз**

1) Чистовые установочные базы должны быть конструктивными, а не вспомогательными, что исключает погрешность базирования.

2) Они должны обеспечивать наибольшую устойчивость и наименьшие деформации детали от зажима и усилий резания. В тех случаях, когда поверхности не удовлетворяют этим требованиям, создают искусственные базы путем обработки платиков, поясков, выточек или отверстий.

3) Необходимо стремиться соблюдать принцип постоянства баз, то есть чтобы все точные поверхности на всех операциях (установках) обрабатывались с использованием одних и тех же установочных баз. При перемене баз в ходе технологического процесса возникают дополнительные погрешности, зависящие от состояния поверхностей установочных баз и точности их расположения относительно ранее применявшихся баз.

#### **4.4 Конструкции установочных элементов приспособлений**

Базовым поверхностям обрабатываемой детали соответствуют установочные поверхности приспособлений. Детали приспособлений, несущие установочные поверхности изготавливаются в виде опорных пластин, призм, установочных пальцев и т.п. в ряде случаев в установочную систему входят ориентирующие или центрирующие механизмы и механизмы опор.

Установочные элементы делятся на основные и вспомогательные.

Основными опорами (элементами) называются элементы, которые предусматриваются схемой базирования и определяют положение детали в

пространстве в соответствии с правилом 6 точек. Поэтому основные опоры, как правило, неподвижны.

Вспомогательными элементами называются детали или механизмы, предназначенные лишь для придания заготовке дополнительной жесткости или устойчивости в процессе обработки.

Вспомогательная опора не должны нарушать положение детали, достигнутое установкой на основные опоры, поэтому она должна быть подвижной жестко стопориться только после установки заготовки на основные опоры.

Общие требования к установочным элементам.

1) Количество и расположение установочных элементов должно обеспечивать необходимую ориентировку заготовки в пространстве, устойчивость заготовки в пространстве, устойчивость и жесткость ее закрепления.

2) Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износоустойчивостью.

3) Конструкция установочных элементов должна обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении.

4) Установочные элементы должны быть жесткими и обеспечивать жесткость их сопряжения с корпусом приспособления.

5) Установочные элементы не должны портить базовые поверхности (вмятины, царапины) при установке на точные и чистовые базы.

6) Рабочие поверхности установочных элементов должны быть, по возможности, небольших размеров, чтобы исключить влияние макронеровностей базовой поверхности на точность установки.

7) Конструкции и размеры установочных элементов должны выбираться по ГОСТам или нормам машино- и приборостроения.

Материал. Установочные элементы изготавливаются из сталей У10А, У8А, У7А с закалкой до твердости HRC 50...55, или из стали 20 с цементацией

на глубину 0,8...1,2 и закалкой до той же твердости. Реже их изготавливают из сталей 45 и 40Х с закалкой до твердости HRC 35...40.

#### 4.4.1 Основные опоры под базовые плоскости

1) *Опоры постоянные* выполняются с плоской, сферической или насеченной головкой (рис. 4.24). Диапазон размеров (в мм) стандартных опор с плоской и сферической головкой по ГОСТ 13440-68 и ГОСТ13441-68:  $d=3...25$ ;  $D=5...40$ ;  $H=3...60$ ;  $L=7...92$ ; опоры с насеченной головкой (ГОСТ 13442-68) имеют  $d=6...25$ ;  $D=10...40$ ;  $M=6...60$ .

Отверстия под опоры в корпусе приспособления выполняются сквозными. Опорные площадки под головки опор должны слегка выступать и обрабатываться одновременно, для чего по размеру  $M$  оставляется припуск 0,2...0,3 мм на шлифование после сборки (рис. 4.30).

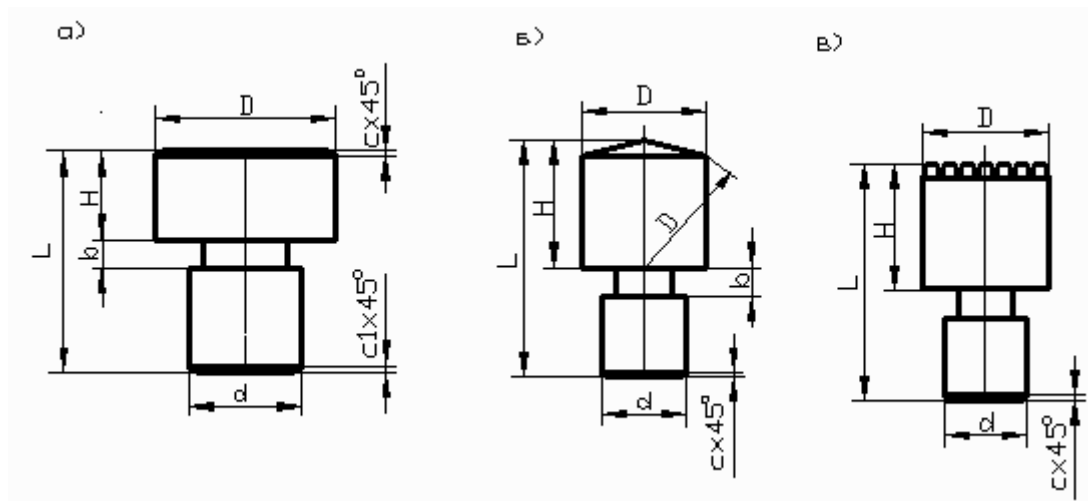


Рис. 4.29 - Опоры постоянные с плоской (а), сферической (б) и насеченной головкой (в)

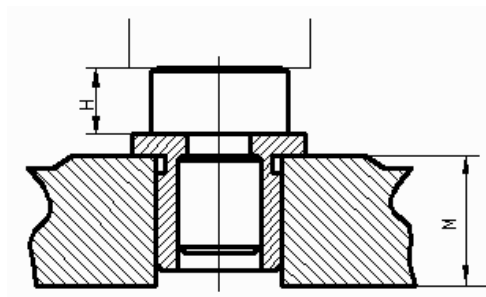


Рис. 4.30 - Установка опор постоянных в корпусе приспособления.

Иногда в отверстия корпуса под опоры запрессовываются стальные закаленные втулки (рис. 4.30). Торцы втулок одновременно шлифуют, обеспечивая необходимую плоскостность, а высоту опор выполняют с отклонениями. При этом отпадает необходимость шлифовать установочные поверхности опор при сборке и сокращается время на ремонт.

#### ***4.4.2 Опорные пластины***

В соответствии с ГОСТ 4743-68 опорные пластины два имеют исполнения (рис. 4.31): плоские (исполнение 1) и с косыми пазами (исполнение 2).

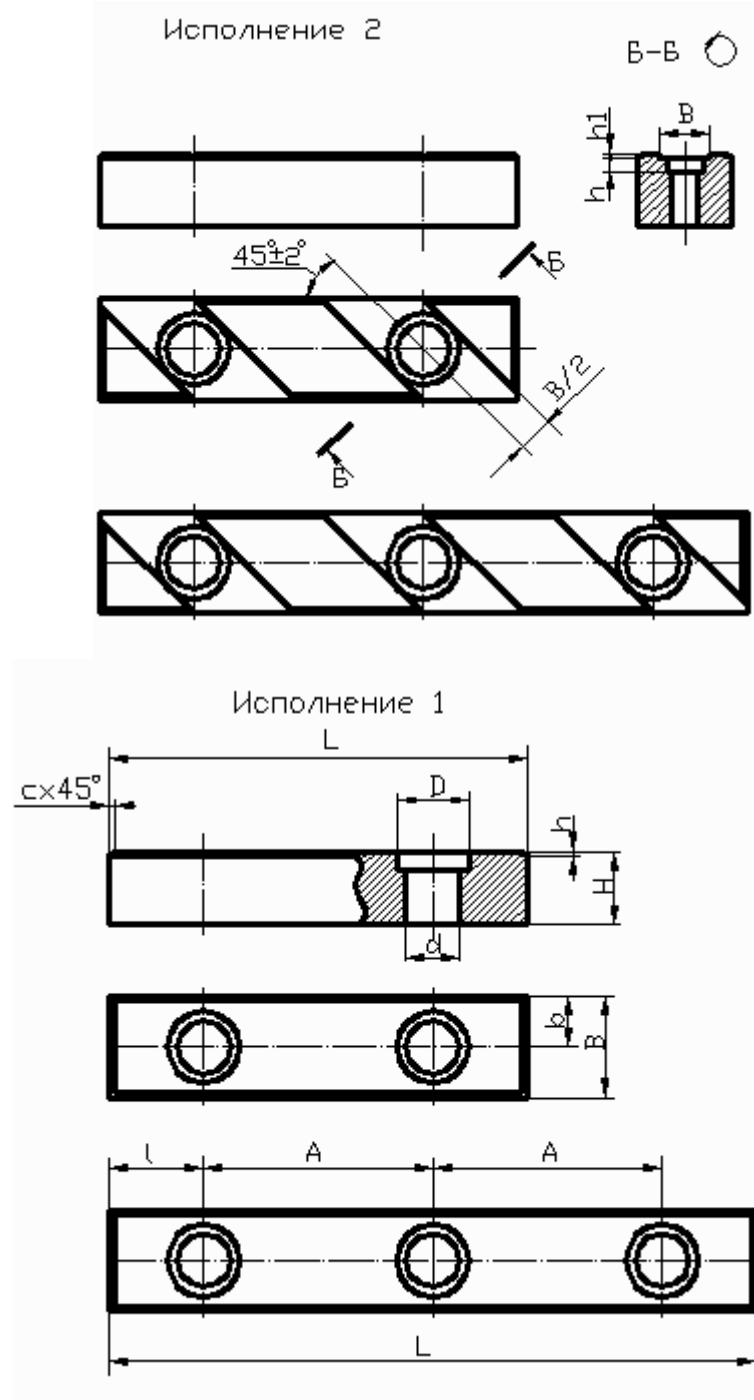


Рис. 4.31 - Опорные пластины.

Размеры стандартных пластин (в мм):  $B=10\dots40$ ;  $L=25\dots200$ ;  $H=5\dots25$ ;  $h=2,5\dots7$ ;  $h_1=1\dots2,5$ ;  $b=8\dots20$ ;  $d=3,4\dots11$ ;  $d_1=6\dots18$ ;  $A=13\dots80$ ;  $l=6\dots30$ ;  $c=0,6\dots1,6$ . Предельные отклонения  $H$ :  $(-0,010\dots-0,014 \text{ мм})$ , размера  $A$ :

( $\pm 0,1$  мм... $\pm 0,25$  мм). Пластины крепятся двумя или тремя винтами. Материал – сталь марки 20Х по ГОСТ 4573-71. Твердость HRC 55...60, глубина цементации  $h=0,8...1,2$  мм.

Плоские пластины целесообразно закреплять на вертикальных стенках корпуса, так как при горизонтальном их положении в углублениях над головками винтов (1-2 мм) скопится мелкая стружка, трудно удаляемая при очистке приспособления. Пластины с косыми пазами устанавливают на горизонтальных поверхностях корпуса. В этом случае стружка, сдвигаемая при перемещении устанавливаемой детали, попадает в углубление (косой паз) пластин и не нарушает контакта при установке.

Пластины, как и опоры, закрепляют на корпусе; при наличии нескольких площадок в одной плоскости они обрабатываются совместно.

Пример применения опорных пластин представлен на рис. 4.32.

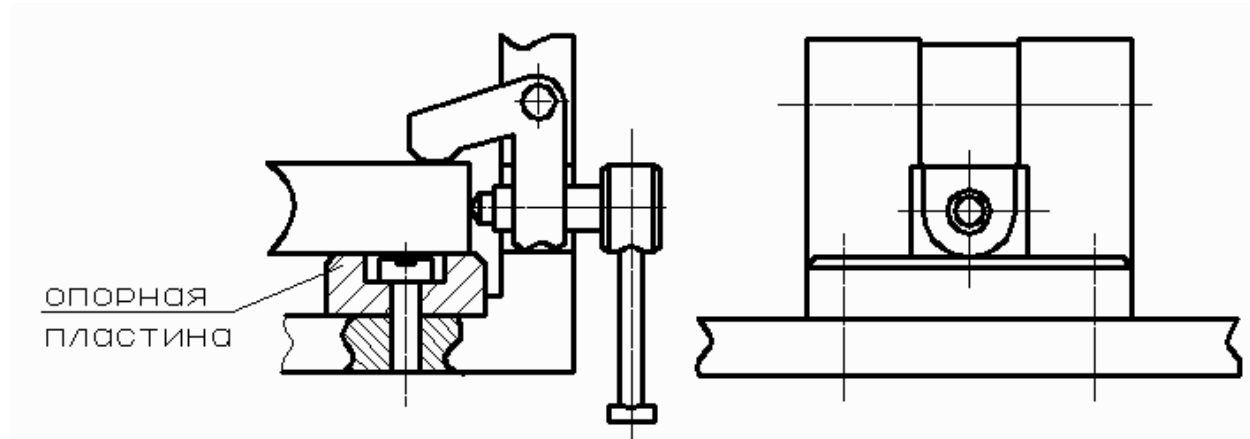


Рис. 4.32 - Пример использования опорных пластин.

Выбор типа и размеров опор зависит от размеров и состояния базовых поверхностей.

1) Детали с начисто обработанными базовыми плоскостями больших размеров (в ряде случаев полученные методом точного литья) устанавливают на опорные пластины, а небольшие – на опоры с плоской головкой. При этом предельная нагрузка на опоры не должны превышать  $400$  кгс/см<sup>2</sup>.

2) Детали с необработанными поверхностями устанавливают на опоры со сферической или насеченной головкой. При этом предельная нагрузка на опоры со сферической головкой при установке стальных либо чугунных заготовок не более: при  $D=10$  мм – 200 кгс;  $D=16$  мм – 500 кгс;  $D=25$  мм – 1200 кгс;  $D=400$  мм – 3000 кгс. Для заготовок из цветных металлов предельные нагрузки следует уменьшить на 30-40%. Опоры с рифленой головкой допускают вдвое большие нагрузки (от 400 до 6000 кгс). Опоры с насеченной головкой обычно применяются для закрепления в вертикальных станках корпуса, когда очистка их от стружки не представляет затруднения.

3) Количество опор и их расположение выбирают в соответствии со схемами базирования. Во всех случаях при конструировании приспособлений необходимо обеспечить условия для легкого удаления стружки с установочных поверхностей.

Иногда в качестве основных опор применяются самоустанавливающиеся и регулируемые опоры.

#### ***4.4.3 Опоры вспомогательные***

Вспомогательные опоры применяют дополнительно к основным, когда необходимо повысить жесткость и устойчивость устанавливаемых деталей. Так, например, на рисунке 4.33,а деталь имеет ступенчатую базовую плоскость. Размер  $h$  между плоскостями приспособления и детали колеблется в пределах допуска, и полное совмещение ступенчатых поверхностей невозможно. В этом случае за базу принимают одну плоскость, а под другую – подводят вспомогательную опору 1.

У детали, изображенной на рисунке 4.33, б, требуется фрезеровать плоскость  $k$  бобышки, перпендикулярную к базовой плоскости  $b$ . Для повышения жесткости детали в приспособлении предусмотрена вспомогательная опора 1.

В конструкциях приспособлений находят применение два типа вспомогательных опор: самоустанавливающиеся и подводимые.

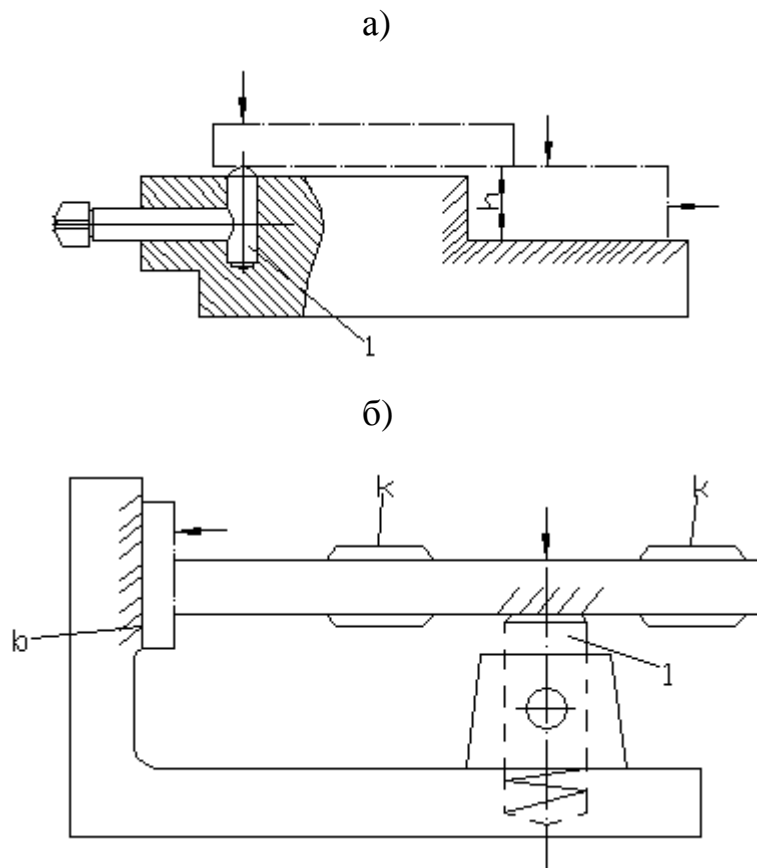
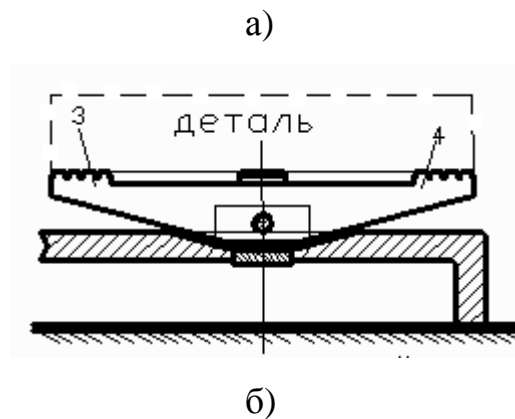
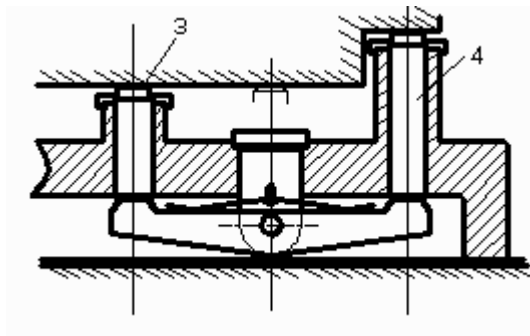


Рис. 4.33 - Применение вспомогательных опор.

*Самоустанавливающиеся опоры* усложняют конструкцию приспособления и применяются лишь в специальных случаях. Так, например, при базировании детали плоскостями ее бобышек, расположенными по периметру четырехугольника, целесообразно одну из постоянных опор заменить двухточечной (рис. 4.34,а, в). При базировании ступенчатой плоскостью можно применить двухточечную опору (рис. 4.34,б)







В)

A-A

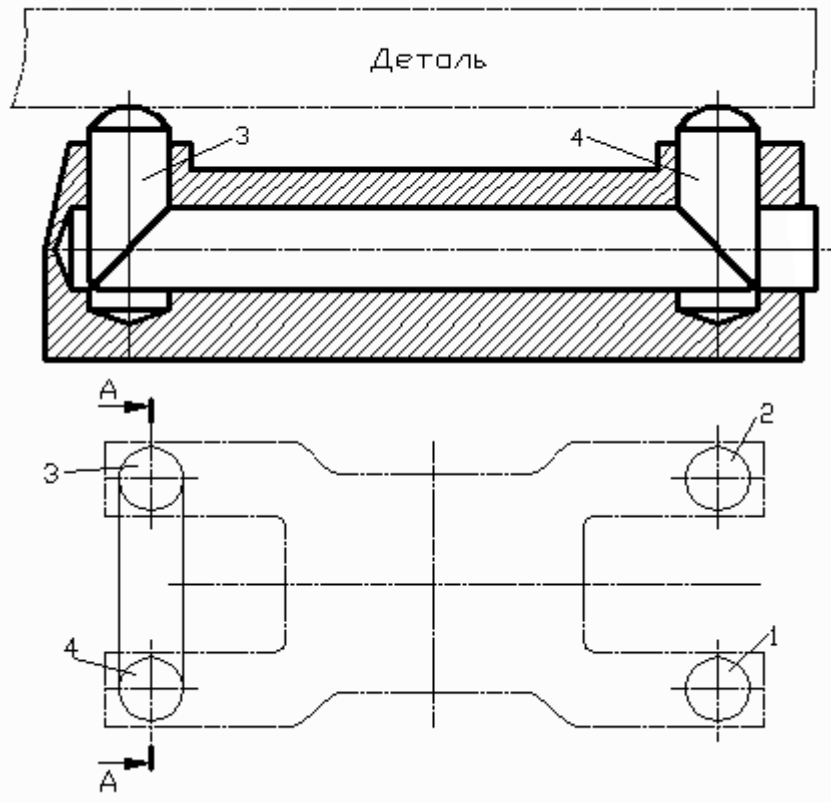


Рис. 4.34 - Самоустанавливающиеся основные опоры: 1,2 – жесткие опорные штыри;  
3,4 – плавающие опоры.

На рисунке 4.35 изображена самоустанавливающаяся опора (МН 351-60).

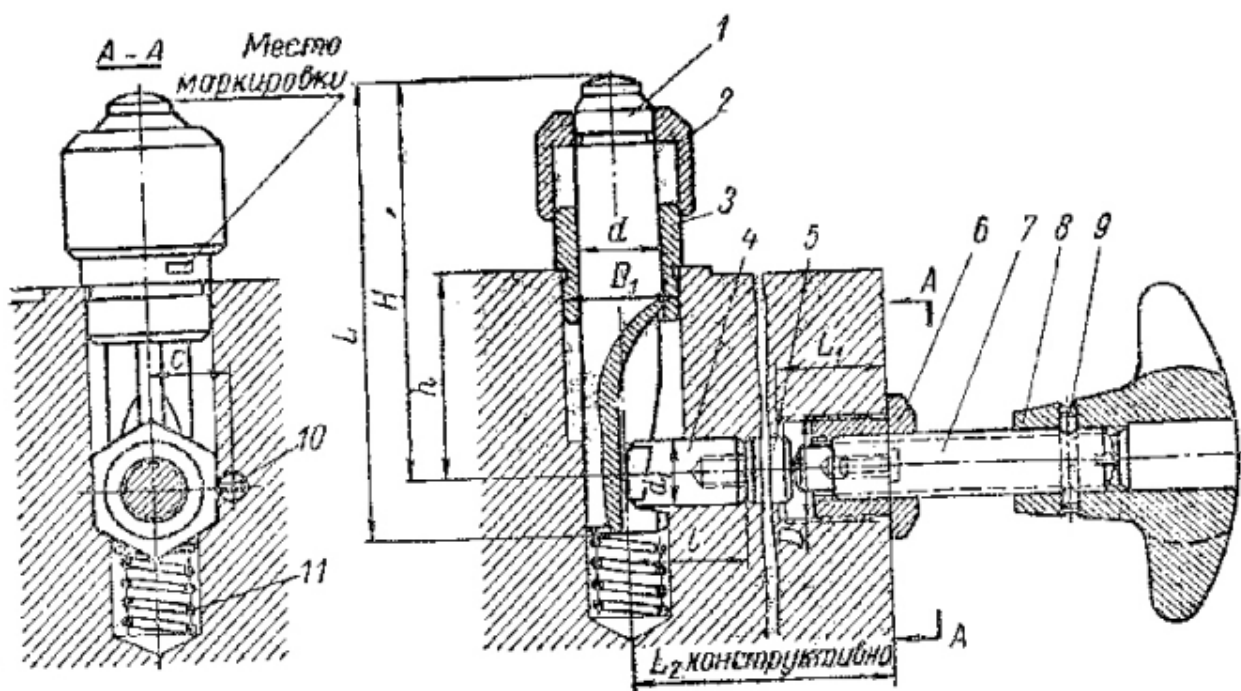


Рис. 4.35 - Самоустанавливающаяся вспомогательная опора.

При установке детали в приспособлении штырь 1 опоры опускается, сжимая пружину 11. После этого винтом 7 через штифт 5 и палец 4 опоры фиксируется. Кроме указанных деталей в конструкцию входят: колпачок 2, втулка 3, резьбовая переходная втулка 6, звездообразная рукоятка 8, штифт 9 и винт 10.

Достоинства самоустанавливающихся опор:

- а) Быстрота действия.
- б) Возможность одновременного управления (стопорения) несколькими опорами от одного привода (например, через рычажную систему).
- в) Опора применяется при обработке легких деталей, так как жесткость пружины можно подобрать любую.

Недостаток: не может применяться при установке тяжелых заготовок и больших значениях сил, действующих вдоль оси штыря.

Подводимые опоры выполняются на основе резьбового или клинового сопряжений.

Регулируемые винтовые опоры (рис. 4.36) применяются в качестве основных или вспомогательных опор и выполняются по ГОСТ 4084 – 61; 4085 – 61; 4086 – 61; 4740- 61. Примеры их использования представлены на рис. 4.37.

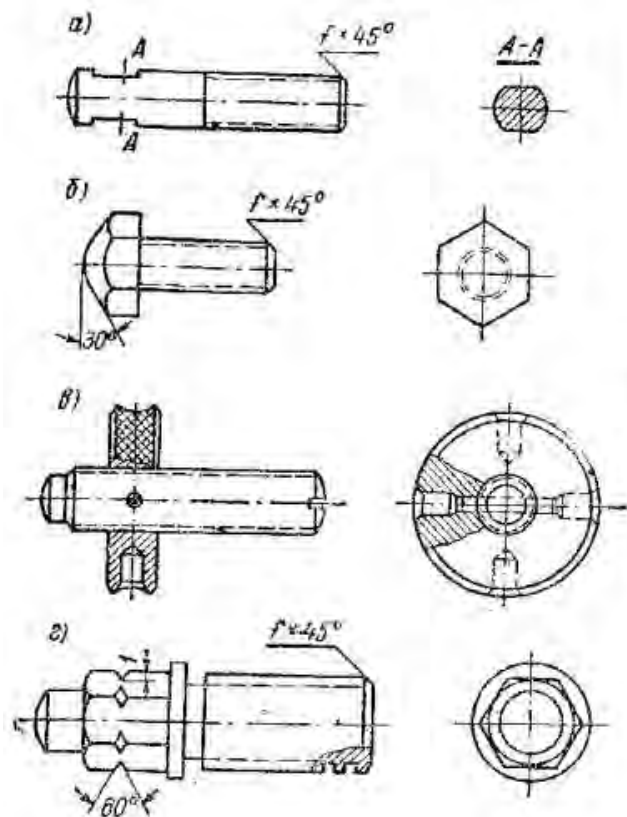


Рис. 4.36. Конструкции винтовых регулируемых опор:  
 а — с лыской под ключ; б — с шестигранной головкой; в — с круглой головкой; г — усиленные опоры.

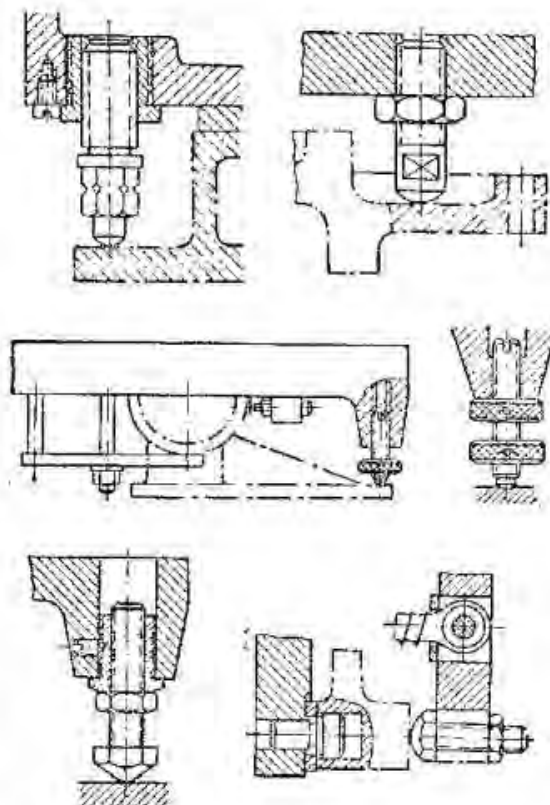


Рис. 4.37. Примеры применения регулируемых опор.

На рис. 4.38. показана подводимая клиновья опора, выполненная по нормали МН350-60.

Опора подводится в соприкосновение с деталью после ее установки на основных опорах, а затем фиксируется. Для этого вначале перемещают клин 1 (угол скоса  $8^0$ ) и после контакта штыря 3 с деталью вращают винт 5. Последний с помощью шариков 10, раздвигает кулачки 8, фиксирующие опору. Колпачок 2 предохраняет опору от загрязнения.

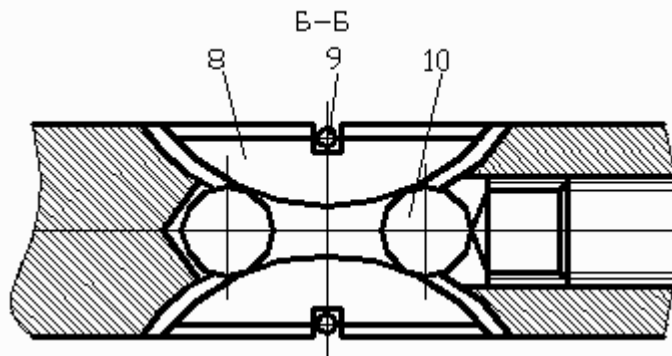
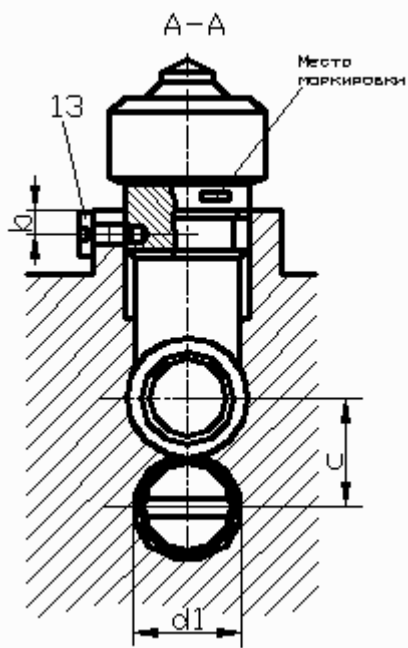
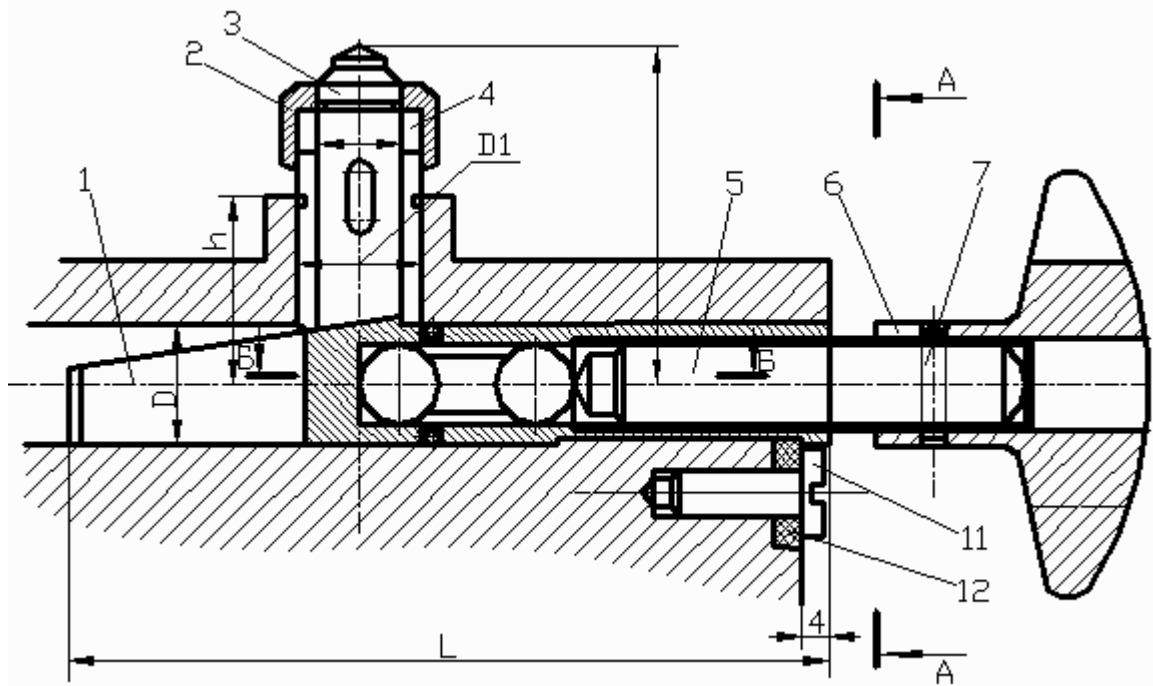


Рис. 4.38 - Подводимая клиновья вспомогательная опора: 1 – клин; 2 – колпачок; 3 – опорный штырь; 4 – втулка; 5 – нажимной винт; 6 – звездообразная рукоятка; 7 – штифт; 8 – кулачок; 9 – замковое кольцо; 10 – шарик; 11, 12, 13 – винты и шайбы.

Так же применяются встроенные винтовые подпорки (ГОСТ 13158-68), выполняемые как с призмой, так и без нее (исполнения 2 и 1) рис.4.39.

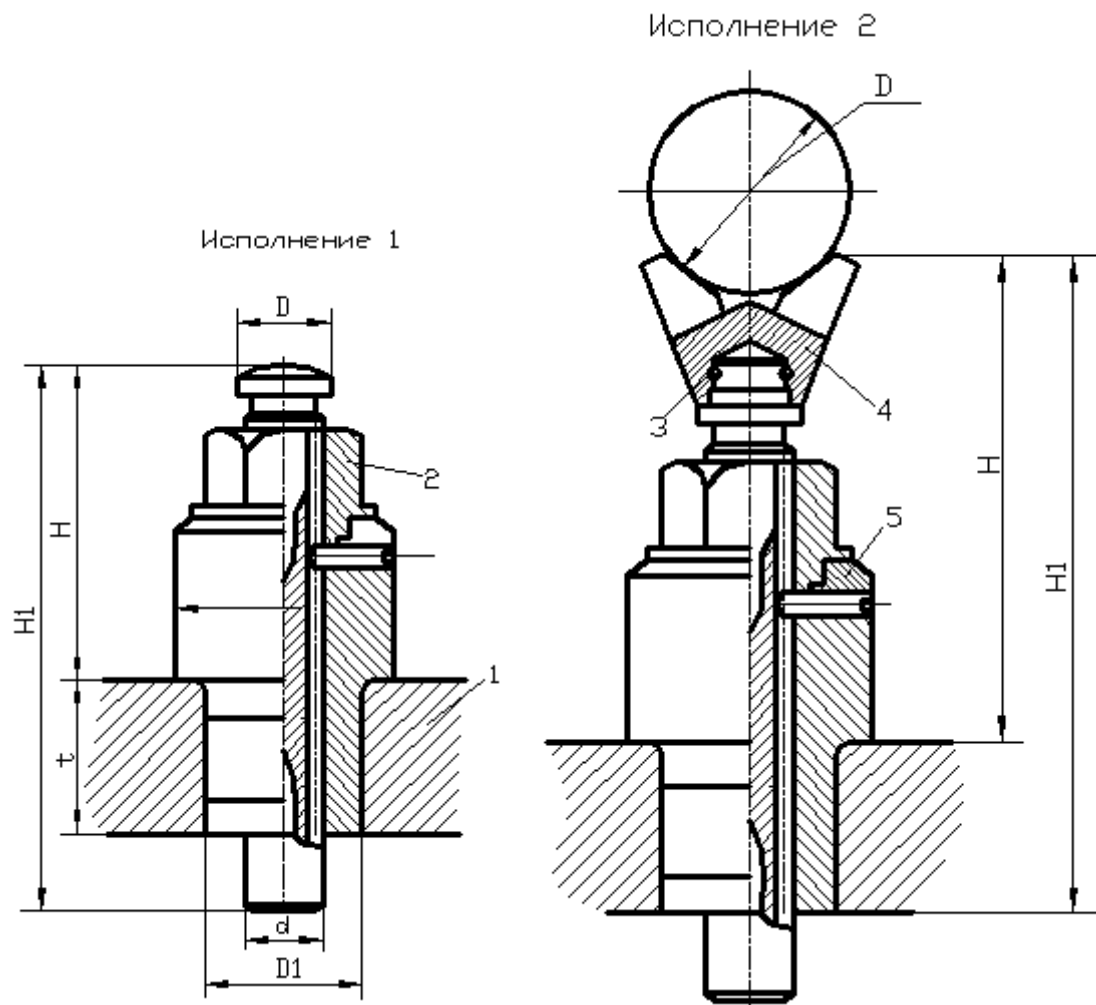


Рис. 4.39 - Конструкции встроенных винтовых подпорок.

Достоинство подводимых опор в том, что они способны выдержать значительно большие силы, действующие вдоль штыря.

Недостатки:

- низкая производительность, связанная с ручным подводом опоры;
- невозможность одновременного управления несколькими опорами;
- неприменимость при обработке легких и маложестких деталей, так как при подводе опоры вручную до соприкосновения с деталью трудно ощутить момент касания и можно нарушить положение детали, определяемое основными опорами.

При использовании вспомогательных опор нельзя допускать отрыва деталей от их основных опор.

#### 4.4.4 Установочные пальцы

Эти детали применяются при базировании заготовки по плоскости или торцам и отверстиям.

ГОСТами определены следующие конструкции.

- 1) Пальцы установочные цилиндрические, постоянные. Рис. 4.40, а.
- 2) Пальцы установочные срезанные постоянные. Рис. 4.40, б. и пример их применения. Рис. 4.40, в.
- 3) Пальцы установочные цилиндрические сменные. Рис. 4.41, а.
- 4) Пальцы установочные срезанные сменные. Рис. 4.41, б. и пример их применения рис. 4.41, в.
- 5) Пальцы установочные цилиндрические, высокие. Рис.4.42, а.
- 6) Пальцы установочные срезанные высокие. Рис. 4.42, б.

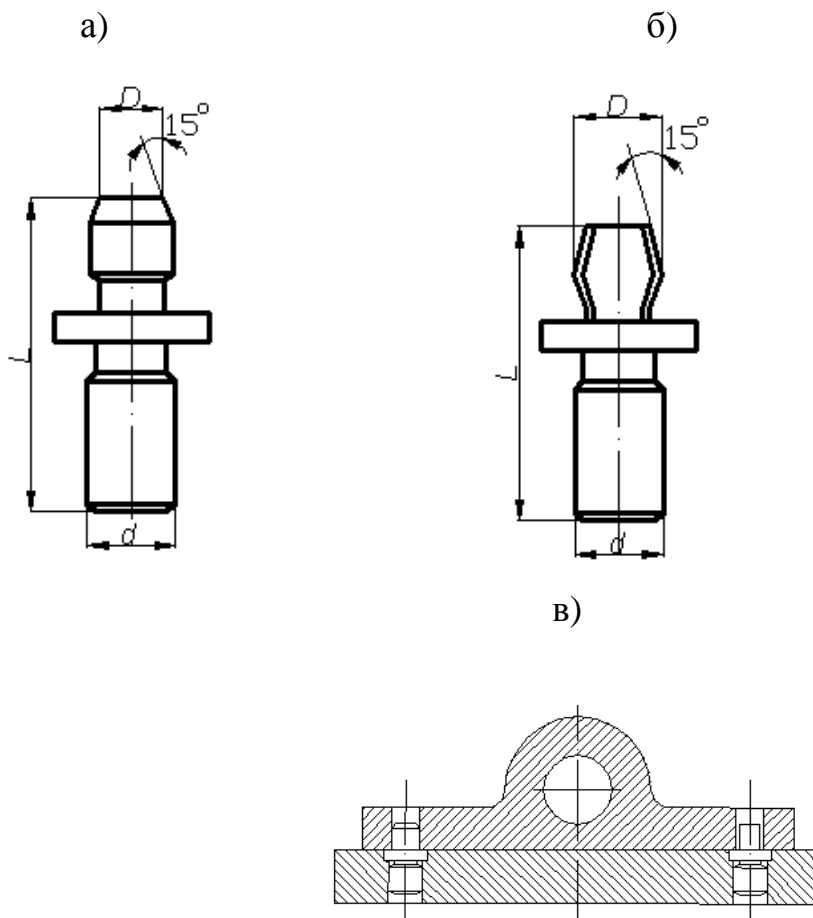


Рис. 4.40 - Постоянные установочные пальцы: а – цилиндрический; б – срезанный;  
в – пример применения.

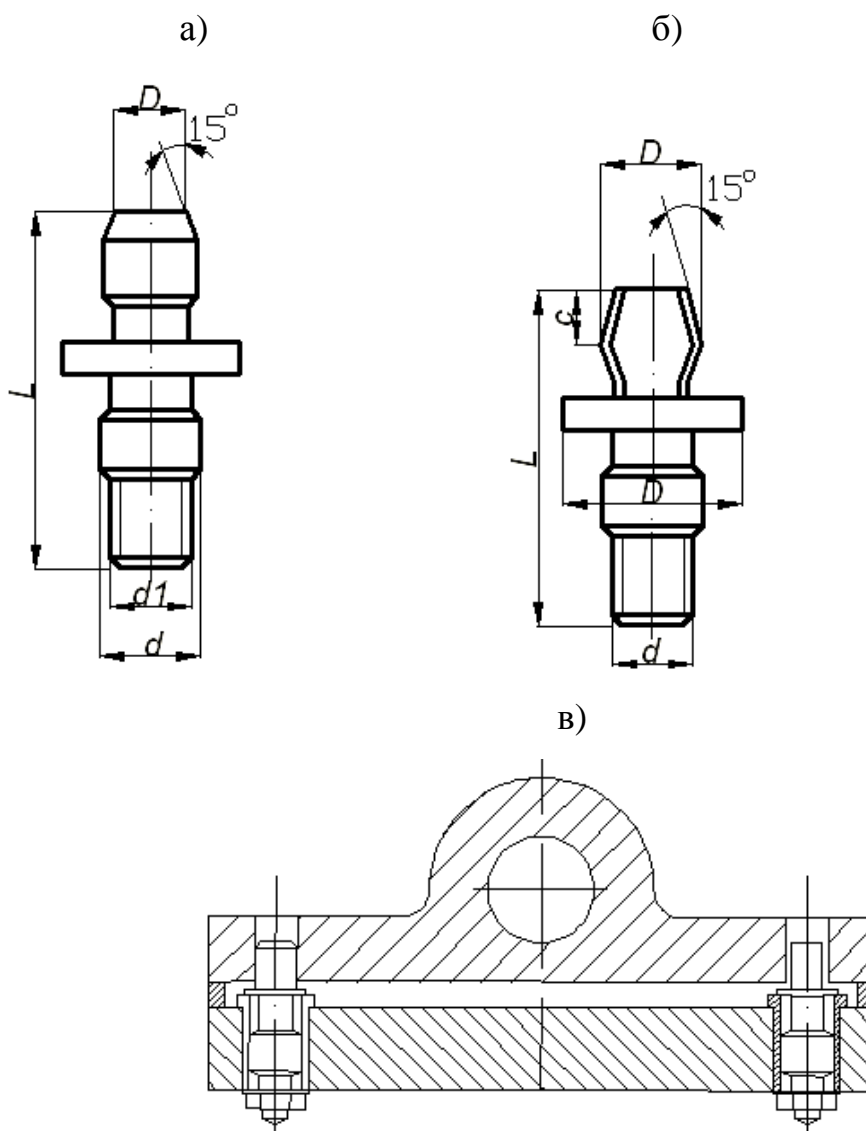


Рис. 4.41 - Сменные установочные пальцы: а – цилиндрический; б – срезанный; в – пример их применения.

Постоянные пальцы запрессовываются в корпус приспособления. Сменные пальцы применяются при интенсивной эксплуатации приспособления, когда они сравнительно быстро изнашиваются и заменяются. Постоянные и сменные стандартные пальцы имеют три исполнения: для диаметров до 10 мм, менее 20 мм и более 20 мм.

Известны и другие конструктивные элементы пальцев. В частности, на рис. 4.43, а, б, показаны примеры установочных пальцев со сменными шайбами 1 вместо буртиков, применяемые в случаях интенсивного износа последних.

Шайбы могут быть прошлифованы при вынутых пальцах, что также является преимуществом такой конструкции.

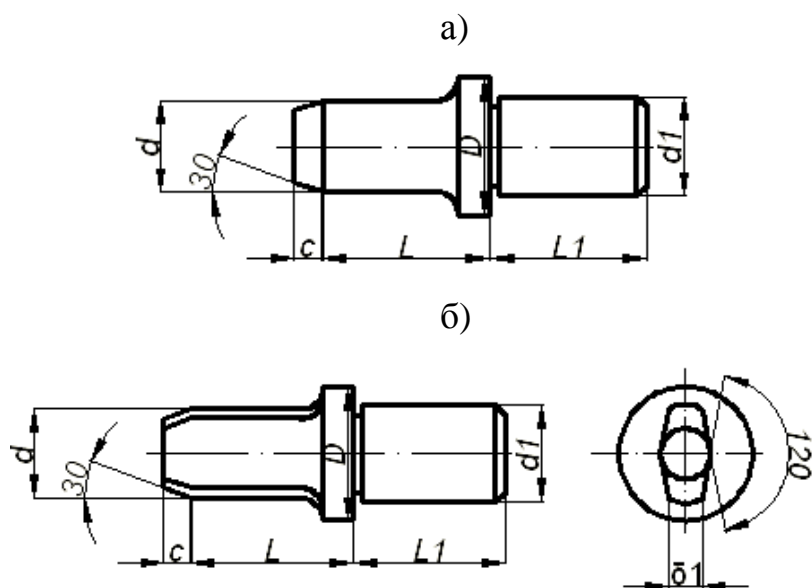


Рис. 4.42 - Постоянные установочные пальцы высокие: а – цилиндрический; б – срезанный.

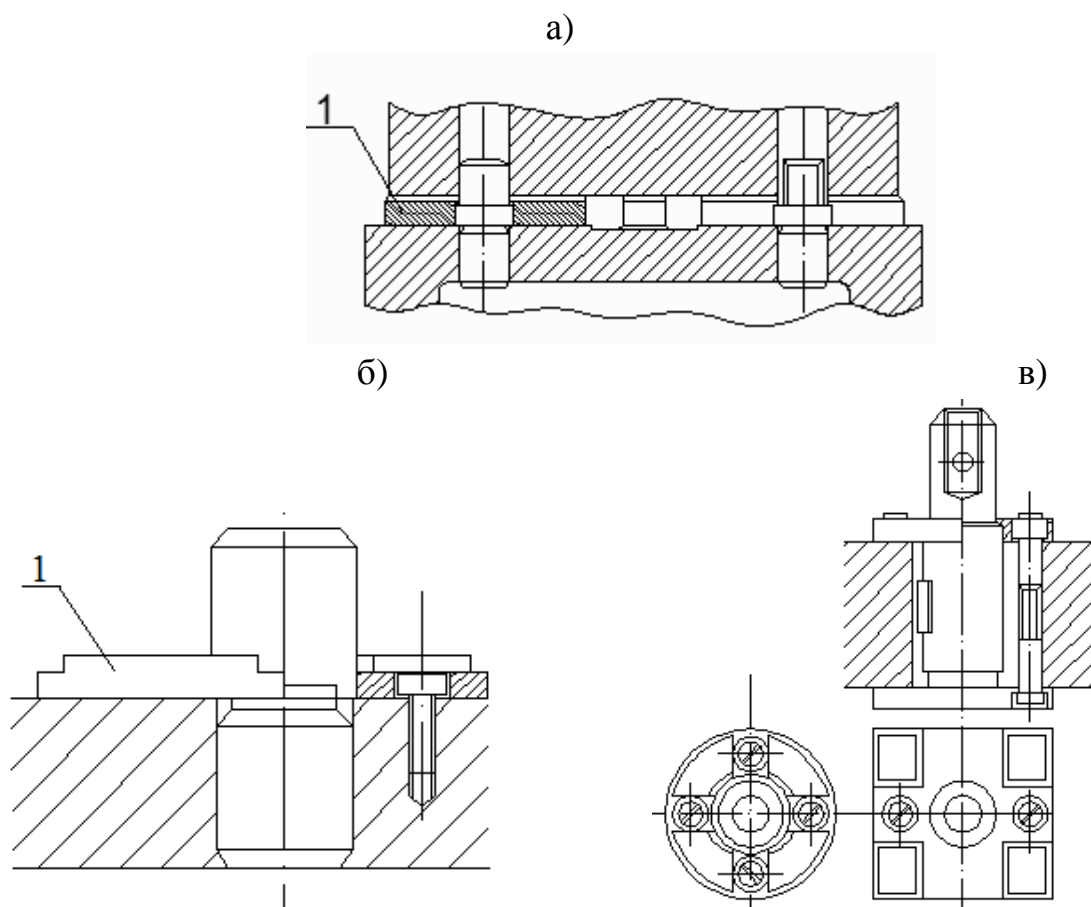


Рис. 4.43 - Установочные пальцы со сменными шайбами.



Во избежание заклинивания при съеме заготовки в случае ее установки на один палец рис. 4.44, а, высота  $H$  направляющей части пальца не должна превышать значения

$$H = \frac{l+0,5D}{D} \sqrt{2D\Delta_{min}},$$

где  $\Delta_{min}$  – зазор между пальцами и отверстием детали.

В случаях установки заготовки на два пальца рис. 4.44, б, при  $D=D_1$ ,  $l=L_1$  рабочая высота пальцев  $H$ , исключающая заклинивание заготовок при съеме, определяется так:

$$H = \frac{L + l + 0,5D}{L + D} \sqrt{2(L + D)\Delta_{min}}$$

Берется наименьшее значение  $H$ , определенное по формулам.

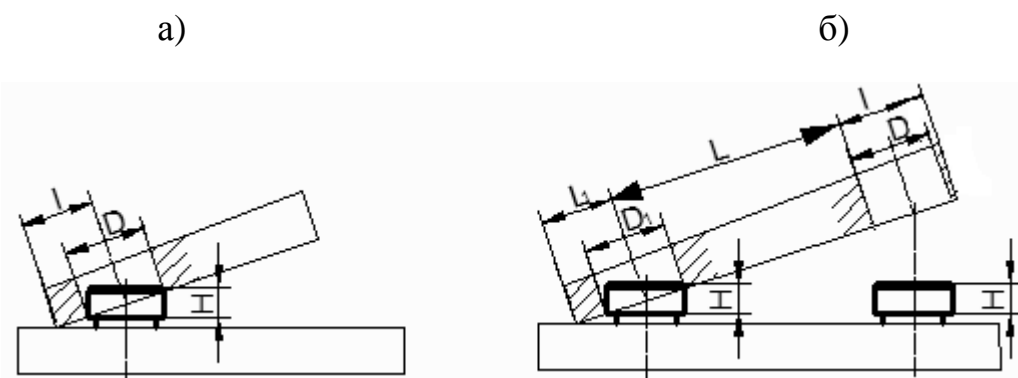


Рис. 4.44 - Схемы к расчету высоты  $H$ : а – при установке на один палец; б – при установке на два пальца.

При базировании детали по плоскости и двум отверстиям пальцы обычно применяются в сочетании с опорными пластинами (рис. 4.45, а), а при установке по торцу и отверстию они могут запрессовываться в специальную опорную пластину той или иной конструкции (рис. 4.24, б). При установке больших деталей и тяжелых, когда неподвижные пальцы мешают загрузке, их делают подвижными. Съемный палец 1 установлен в плунжере 2 (рис. 4.46, а), управляемый рычагом 3. Иногда для выдвигения пальца используют реечный механизм. Конусные пружинные пальца (рис. 4.46, б) применяются при базировании детали коническим или цилиндрическим отверстием.

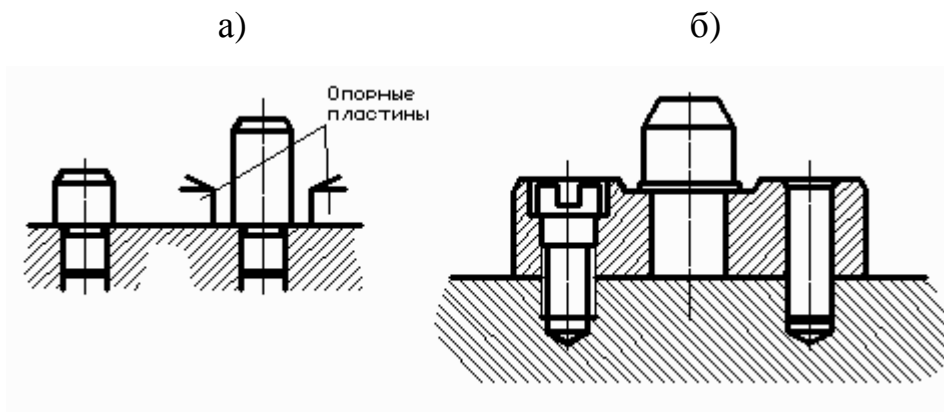


Рис. 4.45 - примеры сочетания пальцев с опорными пластинами.

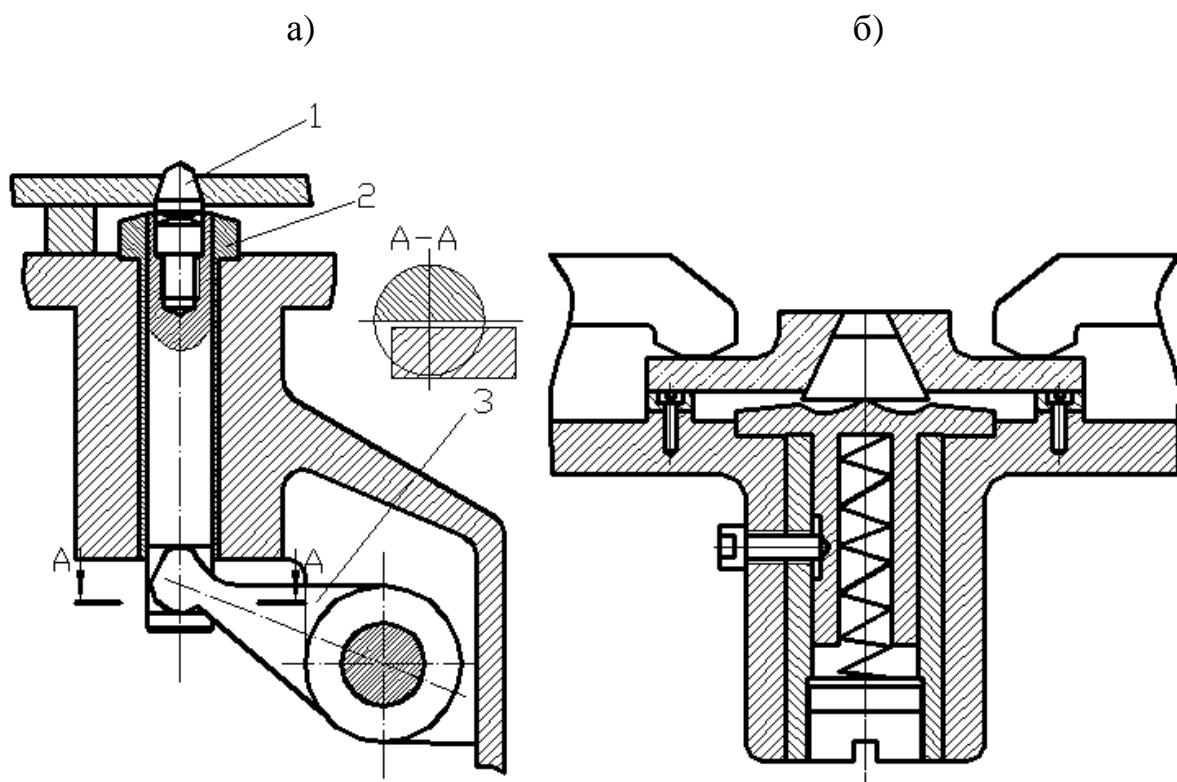


Рис. 4.46 - Примеры базирования заготовок на выдвигаемые пальцы.

#### 4.4.5 Опорные призмы

Призмой называют установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом  $\alpha$ .

Установочные свойства призмы:

1) Призма определяет положение оси заготовки, перпендикулярной основанию призмы. Для точной ориентировки этой оси необходимо при изготовлении призмы обеспечивать строгую симметрию рабочих поверхностей, то есть точно выдерживать половину угла призмы. Если не выполнить этого требования при изготовлении, то ось заготовки не будет совмещена с осью призмы.

2) Призма определяет положение продольной оси заготовки. В связи с этим возникает необходимость точной фиксации положения призмы на корпусе приспособления. Поэтому кроме крепежных винтов положение призмы фиксируется двумя штифтами.

В приспособлениях находят применение призмы с углами  $\alpha=60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  или  $120^{\circ}$ . Призмы с  $\alpha=120^{\circ}$  применяют, когда заготовка не имеет полной цилиндрической поверхности и по небольшой дуге окружности нужно определить положение оси детали. Заготовка на таких призмах имеет малую устойчивость, чем и объясняется ограниченность их применения.

Призмы с углом в  $90^{\circ}$  применяются в том случае, если имеются значительные силы резания, действующие параллельно основанию призмы и стремящиеся вытолкнуть заготовку из призмы. Для повышения устойчивости заготовки призмы делают с углом  $60^{\circ}$ . Применение таких призм увеличивает погрешности базирования по сравнению с призмами с углом  $\alpha=90^{\circ}$  и  $120^{\circ}$ .

При установке заготовок чисто обработанными базами применяют с широкими базовыми поверхностями, а черновыми базами – с узкими опорными поверхностями. Уменьшение длины контакта черновой базы заготовки и

опорной поверхности призмы уменьшает влияние макрогеометрии базовых поверхностей на устойчивость и стабильность положений заготовки.

Наряду с узкими призмами для установки по черновым базам применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы (рис. 4.47).

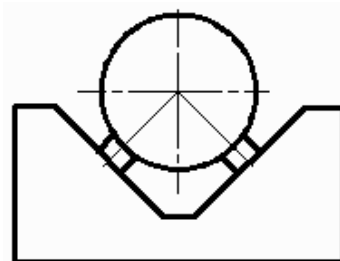


Рис. 4.47 - Призма с точечными опорами.

В этом случае заготовки, имеющие искривленность оси, бочкообразность и другие погрешности формы в продольном сечении, занимают в призме вполне устойчивое и определенное положение.

При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой или две соосно установленные призмы (рис. 4.48). В последнем случае призмы после установки на корпусе шлифуются совместно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности.

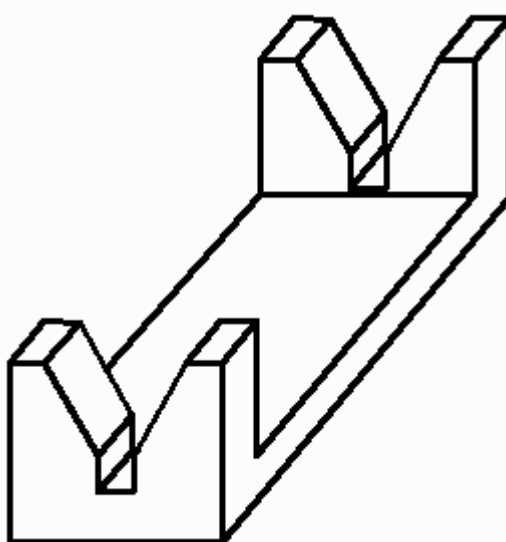
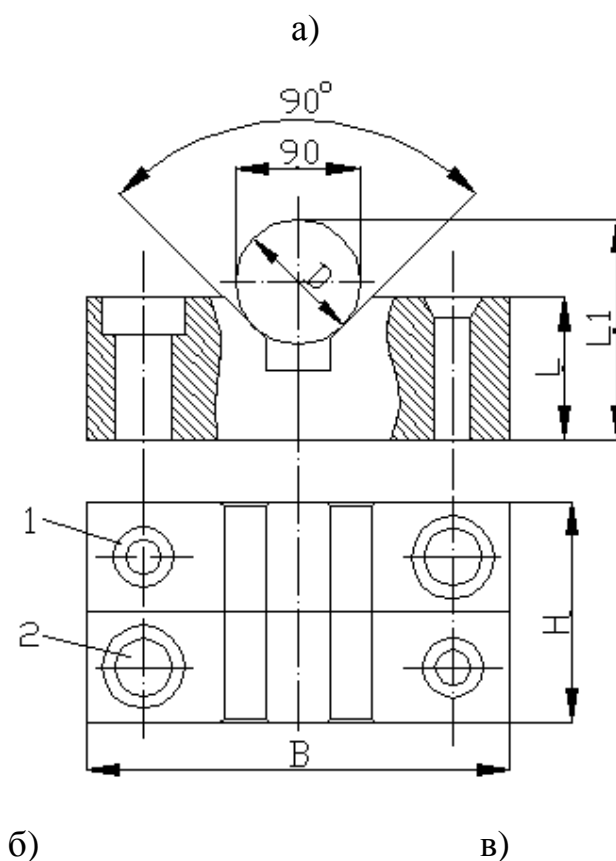


Рис. 4.48 - призма с выемкой.

Крупные изделия устанавливают на чугунные или сварные призмы со сменными стальными закаленными пластинками на наклонных плоскостях. Рабочие поверхности и основание призмы шлифуются.

На рис. 4.49 показаны опорные призмы различных конструкций. Стандартная призма ГОСТ 12195-66 применяется для установки коротких изделий (рис. 4.49, а) или как элемент опорной сборной призмы, предназначенной для базирования длинных изделий (рис. 4.49, в). На рисунке 4.49, б показана призма с выемкой. Призмы предназначены для деталей с  $D=5\dots150$  мм, выполняются с  $M=16\dots70$  мм;  $B_1=8\dots120$  мм. Материал – сталь марки 20Х. твердость рабочих поверхностей HRC 55...60. Глубина цементированного слоя 0,8...1,2 мм.



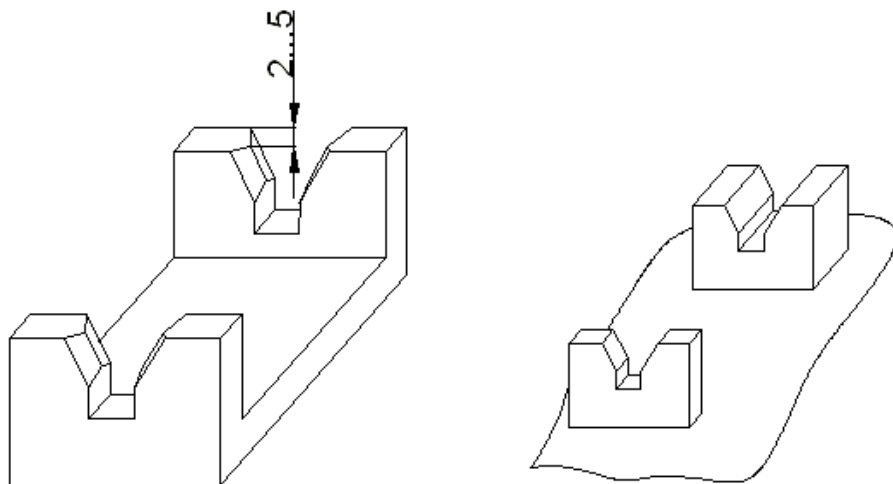


Рис. 4.49 - призмы различных конструкций.

При установке детали по черновой базе, а так же при установке ступенчатых валов рабочие поверхности призм делают узкими (рис. 4.49, б, в). Крупные изделия устанавливают на чугунные или сварные призмы со сменными стальными закаленными пластинками на наклонных плоскостях. Рабочие поверхности и основание призмы шлифуются. В сборных конструкциях с двумя и более призмами, используемыми для установки одной детали, все призмы шлифуются совместно. Для точной установки призмы в ней предусмотрены два отверстия (рис. 4.49, а) 1 – под контрольные штифты; 2 – под прижимные винты.

На рабочем чертеже необходимо указать размеры  $V_1$ ,  $L_1$  (от основания до верхней образующей поверхности устанавливаемой детали) и  $L$ . Размер  $V_1$  необходим для разметки и предварительной обработки призмы, а размер  $L_1$  – для контроля после окончательной обработки.

Зависимость между этими размерами выражается следующей формулой:

$$L = L_1 + 1,207D - 0,5 V_1,$$

а в случае применения нестандартных призм с углом  $\alpha=120^\circ$  формулой:

$$L = L_1 + 1,087D - 0,289 V$$

Размер  $D$  принимается в пределах 5...150 мм;  $M$  – в пределах 16...70 мм;  $V$  – в пределах 8...120 мм.

Пример закрепления детали в призме приведен на рис. 4.50.

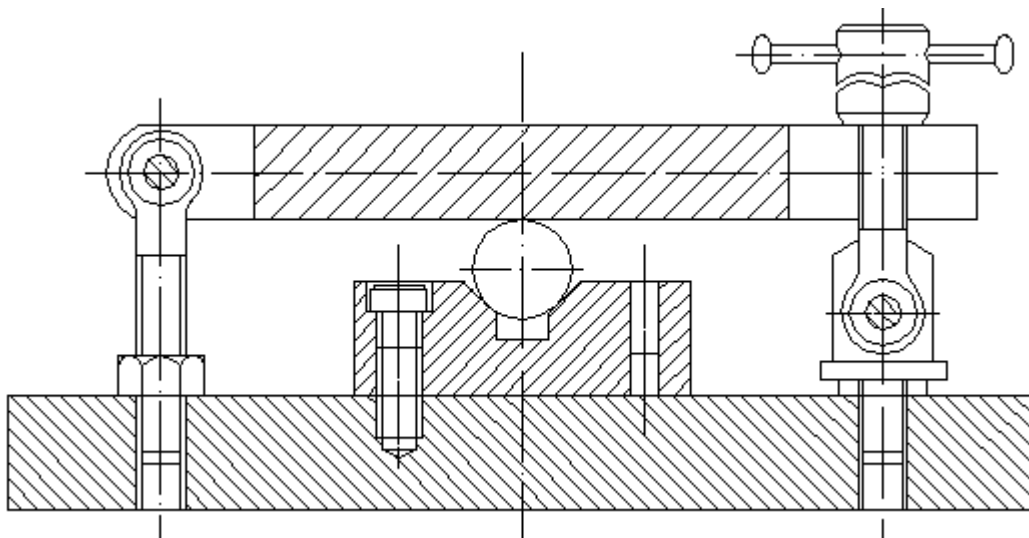


Рис. 4.50 - Пример закрепления детали в призме.

#### ***4.4.6 Ориентирующие и самоцентрирующие механизмы***

В ряде случаев устанавливаемые детали необходимо ориентировать по их плоскостям симметрии. Применяемые для этой цели механизмы обычно не только ориентируют, но и зажимают детали, поэтому называются установочно-зажимными.

Установочно-зажимные механизмы делятся на ориентирующие и самоцентрирующие. Первые ориентируют детали только по одной плоскости симметрии, вторые – по двум взаимно перпендикулярным плоскостям.

К группе самоцентрирующих механизмов относятся всевозможные конструкции патронов и оправок.

Для ориентирования и центрирования деталей некруглой формы часто используют механизмы с неподвижными (ГОСТ 12196-66), установочными (ГОСТ12194-66) и подвижными (ГОСТ 12193-66) призмами. В ориентирующих механизмах одна из призм крепится жестко – неподвижная или установочная, а вторая выполняется подвижной. В самоцентрирующих механизмах обе призмы перемещаются одновременно.

На рис. 4.51 показан ориентирующий механизм, в котором призма 1 закреплена жестко, а призма 2 перемещается винтом с помощью маховичка 3.

При ориентации и зажиме литых и кованных заготовок с неточными размерами по длине применяют установочную и подвижную призмы. Первая выставляется при наладке по размерам заготовки, после чего крепится жестко.

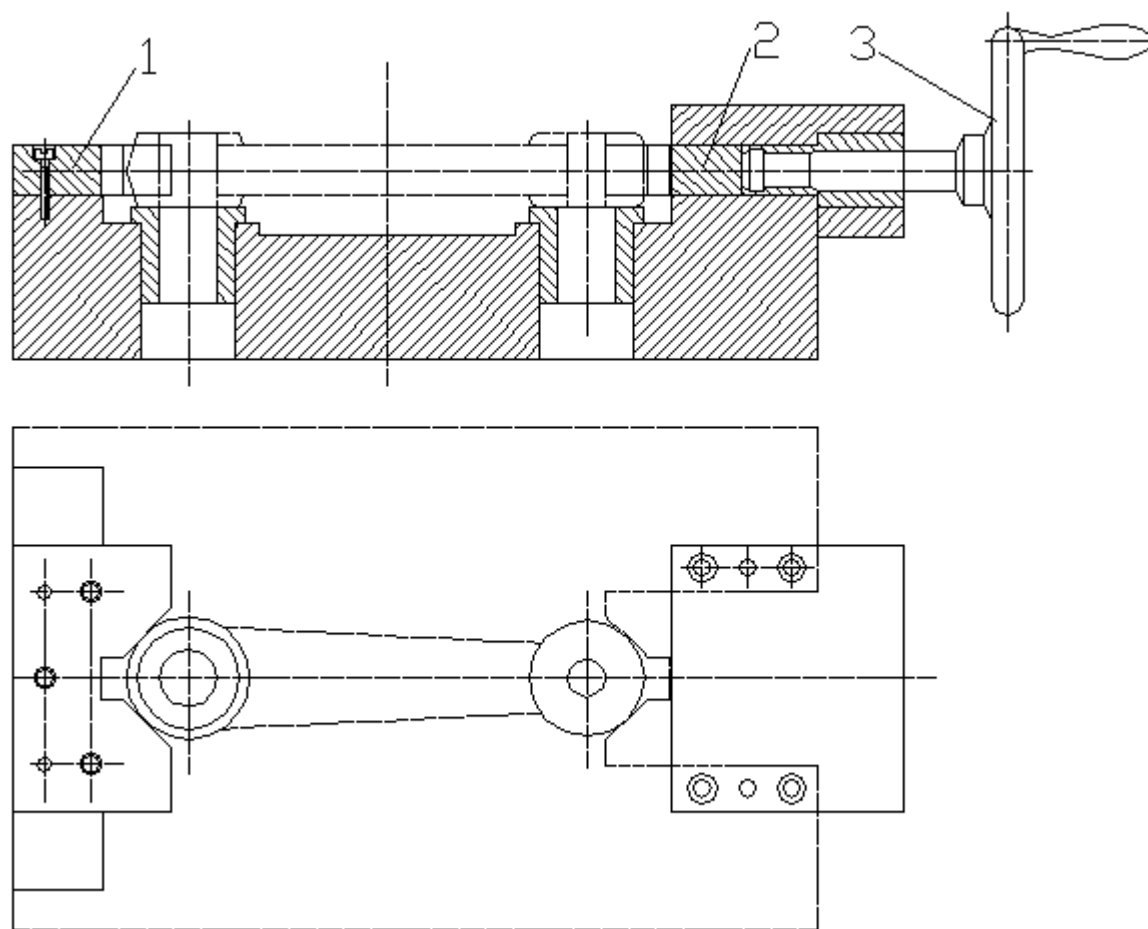


Рис. 4.51 - ориентирующий механизм с двумя призмами.

На рис. 4.52 показаны конструкции призм. Неподвижные призмы для зажимных деталей диаметрами  $D=5...100$  мм выполняются с  $L=32...100$  мм;  $M=10$ ;  $V=16...100$  мм в двух исполнениях: исполнение 1 – без поднутрения рабочих поверхностей призмы, исполнение 2 – со скошенными рабочими поверхностями под углом  $\alpha=7^{\circ}$ . В последнем случае обеспечивается более надежное прилегание необработанной поверхности детали к основной опоре. Установочные и подвижные призмы, предусмотренные для зажима деталей диаметром  $D=3...100$  мм, выполняются с  $L=25$ ;  $M=8...32$ ;  $V=16...100$  мм. Они также имеют два исполнения: без скоса и со скосом рабочих поверхностей

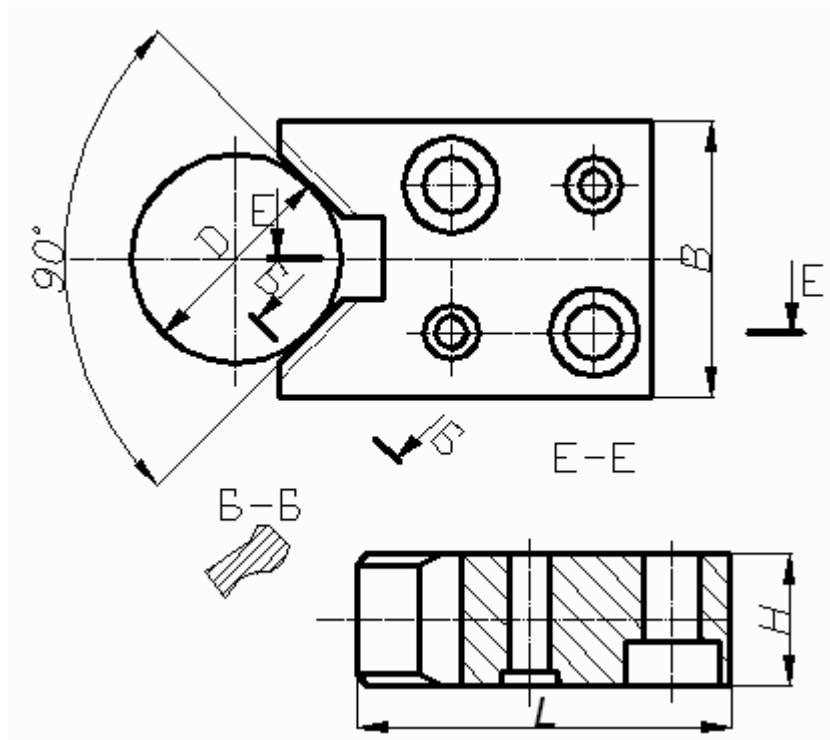


( $\alpha=7^0$ ). Материал призм: сталь марки 20Х, твердость рабочих поверхностей HRC 55...60. Цементация производится на глубину  $h=0,8...1,2$  мм.

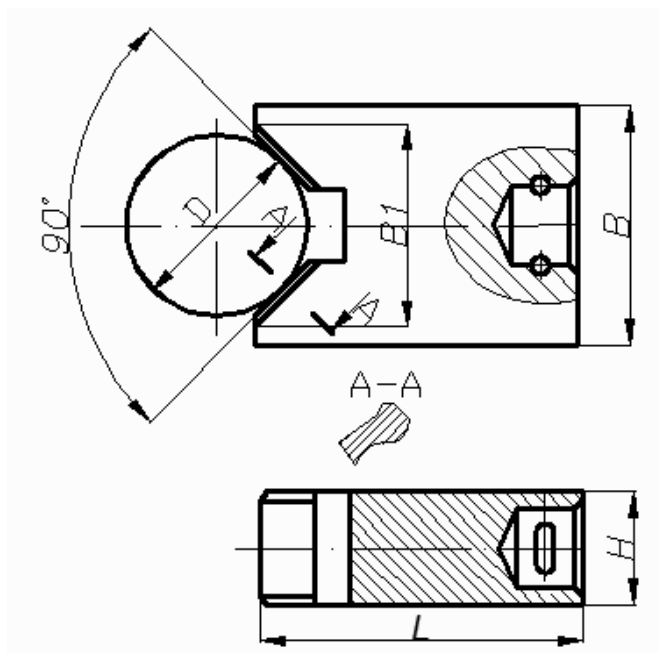
Подвижные и установочные призмы монтируются в приспособлении с помощью направляющих колодок (ГОСТ 12198-66).

Колодки крепятся к корпусу с помощью 4 винтов. Для правильного расположения колодок предусмотрены 2 контрольных штифта. На рис. 4.53 показаны конструкции и пример применения направляющих колодок. Основные размеры в (мм):  $B_1=32...150$ ;  $B=10...100$ ;  $M=16...50$ . Материал колодок – сталь марки 20Х. твердость направляющих HRC 55...60. Глубина цементации  $h=0,8...1,2$  мм.

а)



б) Исполнение 1



Исполнение 2

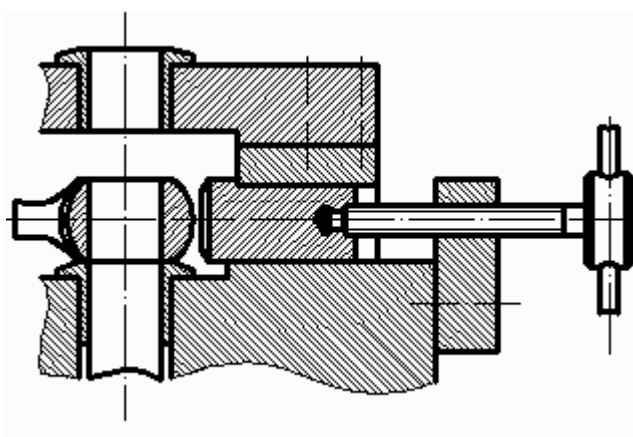
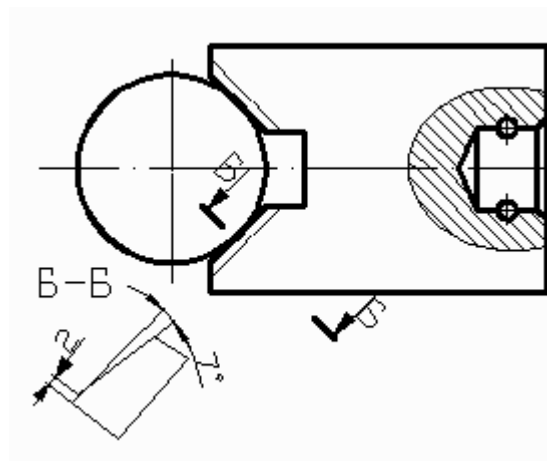
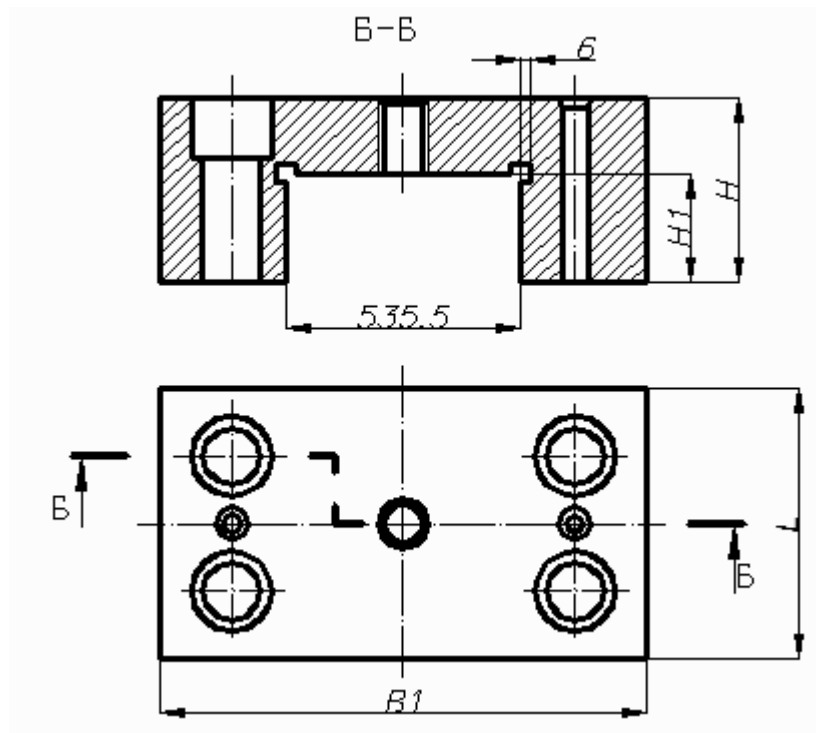


Рис. 4.52 - Конструкции призм.

а)



б)

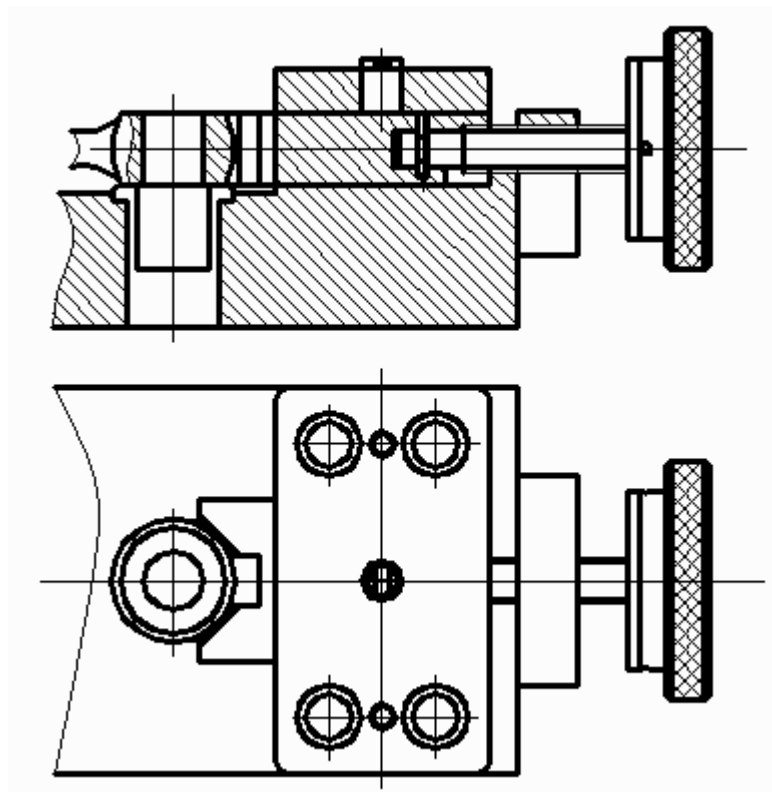


Рис. 4.53 - Колодки.

#### 4.4.7 Условное обозначение баз

При выполнении операционных эскизов на изображение заготовки или изделия необходимо нанести схему базирования и схему закрепления их. Для этого используют графические (условные) обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81 (табл. 1, 2 и 3).

Для изображения обозначения этих элементов приспособлений применяют сплошную тонкую линию по ГОСТ 2.303-68. На видах сверху и снизу допускается обозначать подвижную, плавающую и регулируемую опоры как неподвижную опору.

Таблица 1. - Условное обозначение опор.

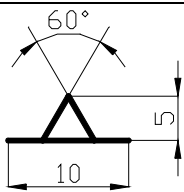


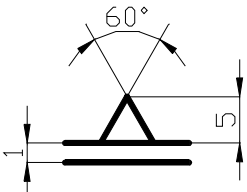
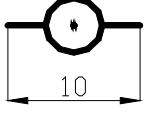

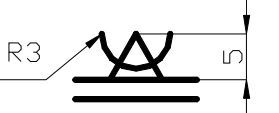

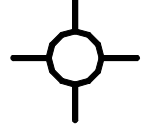
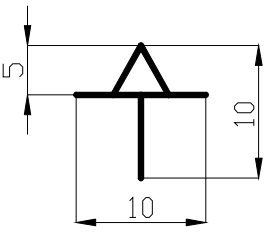
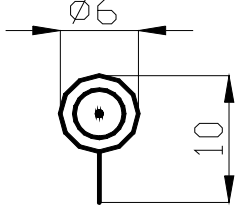

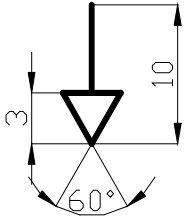
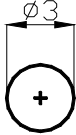

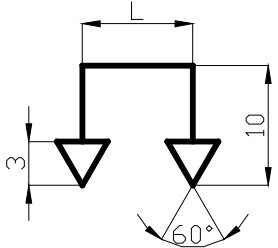
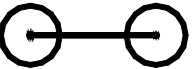
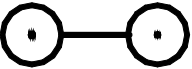
№ п/п	Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
		Спереди, сзади	сверху	снизу
1	Неподвижная			
2	Подвижная			
3	Плавающая			
4	Регулируемая			

Таблица 2. - Условное обозначение зажимов.

№ п/п	Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
		Спереди, сзади	сверху	снизу
1	Одиночный			
2	Двойной			

На видах спереди и сзади при совпадении точек приложения силы двойной зажим допускается изображать как одиночный. Для двойных зажимов длина плеча  $L$  устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. При этом, допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима (рис.4.54).

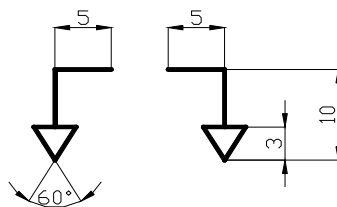
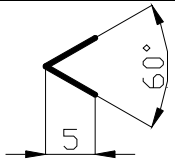
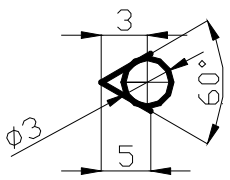
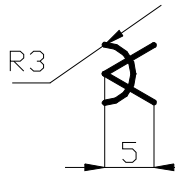
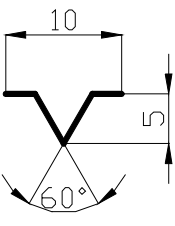

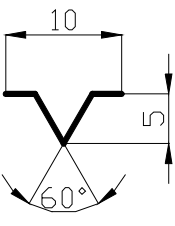

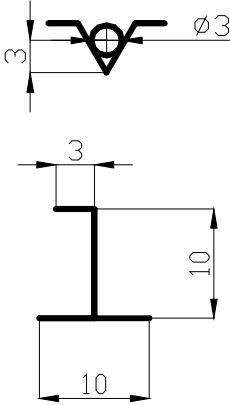
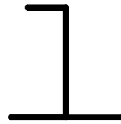


Рис.4.54 - Упрощенное графическое обозначение двойного зажима

Обозначения устройств зажимов (пневматическое – Р, гидравлическое – Н, электрическое – Е, магнитное – М, электромагнитное – ЕМ, прочее – без обозначения) наносят слева от изображения зажимов, (табл. 5 и 6).

Таблица 3. -Условные обозначения установочных устройств.

№ п/п	Наименование установочного устройства.	Обозначение на видах	
		Спереди, сзади ,сверху, снизу	Слева, справа
1	Центр неподвижный		Без обозначения
2	Центр вращающийся		То же
3	Центр плавающий		То же
4	Оправка цилиндрическая		
5	Оправка шариковая (роликовая)		
6	Патрон поводковый		

Примечания:

1) Обозначение обратных центров следует выполнять в зеркальном изображении.

2) Для базовых установочных поверхностей допускается применять обозначение в соответствии с пунктом 4 табл. 3.

Установочно-зажимные устройства следует обозначать как сочетание обозначений установочных устройств и зажимов (рис. 4.55).

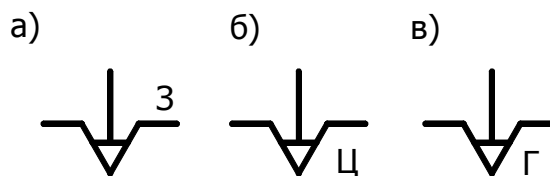
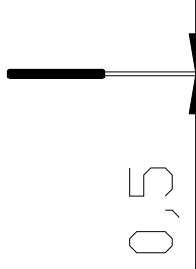
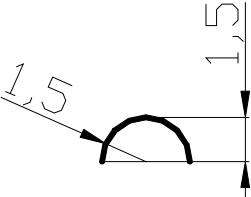
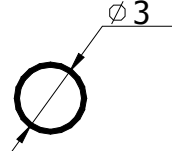
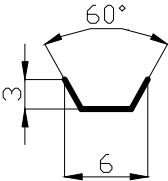
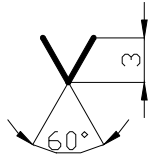
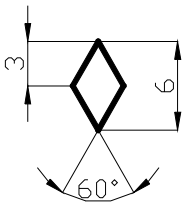
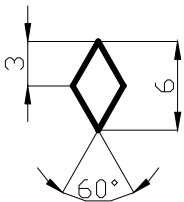


Рис. 4.55 - Условные обозначения установочно-зажимных устройств: а – трехкулачкового патрона; б – цанговых оправок (патронов), в – гидропластовых оправок.

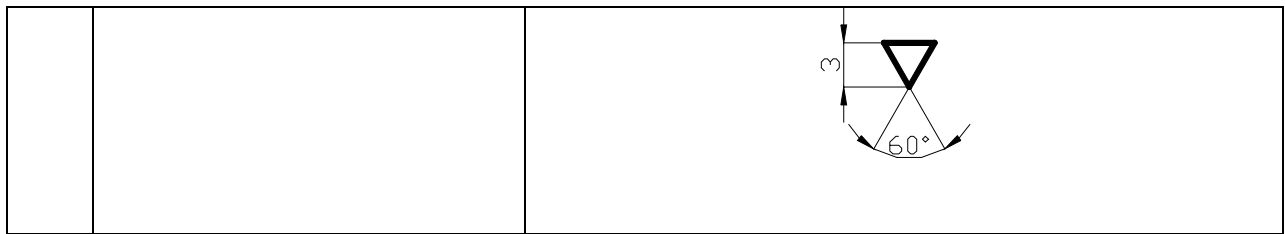
Допускается обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях, соответствующих поверхностей (табл. 5 и б).

Для указания формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначения в соответствии с табл. 4 и наносить их слева от обозначения опоры, зажима или установочного устройства.

Таблица 4. -Условные обозначения формы рабочих поверхностей элементов приспособлений

№ п/п	Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение на всех видах
1	Плоская	
2	Сферическая	
3	Цилиндрическая(шариковая)	
4	Призматическая	
5	Коническая	
6	Ромбическая	
7	Трехгранная	





Примечание: Указание прочих форм рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует выполнять в соответствии с требованиями, установленными отраслевыми нормативно-техническими документами.

Для указания рельефа рабочих поверхностей (рифленая, резьбовая, шлицевая и т.д.) опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначение в соответствии с чертежом (рис. 4.56).

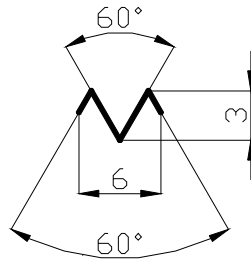


Рис. 4.56 - Условное обозначение рельефа рабочих поверхностей.

Это обозначение наносят на обозначение соответствующего элемента приспособления (рис. 4.57).

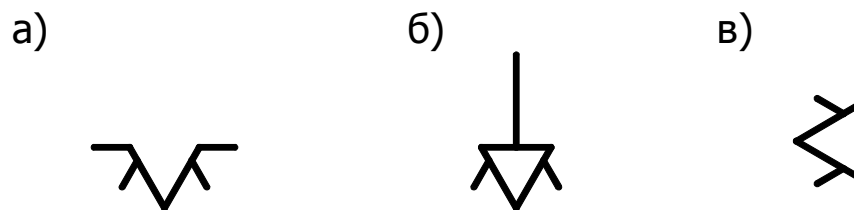


Рис. 4.57 - Условное обозначение оправки пальцевой (а), зажима с рифленой рабочей поверхностью (б) и рифленого центра (в).

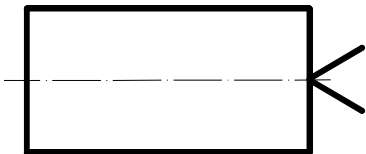
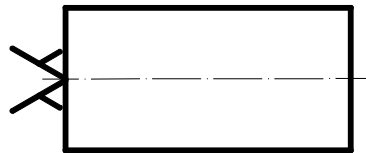
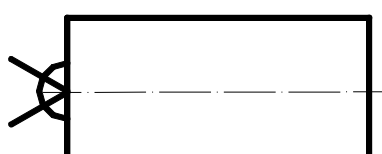
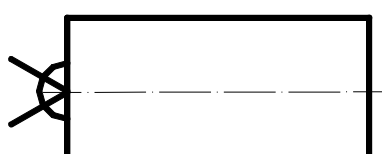
Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемы, а также оформление схем установки заготовок и изделий в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 представлены в табл. 5 и 6.

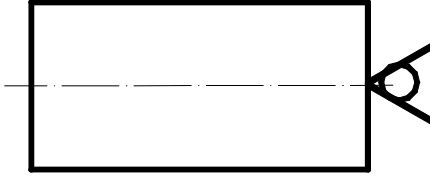
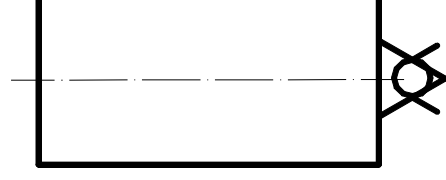
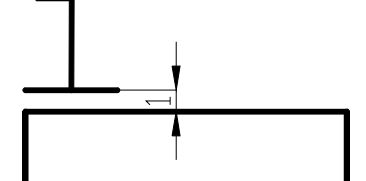

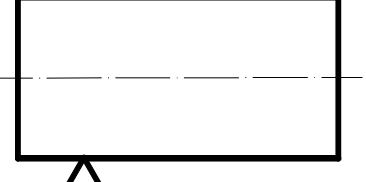

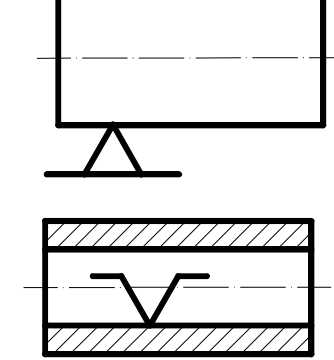
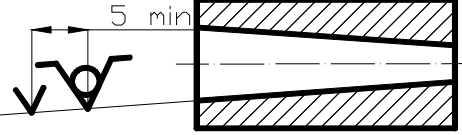
Количество точек приложения силы зажима к изделию, при необходимости, следует записывать справа от обозначения зажима (табл.6, поз.2).

На схемах, имеющих несколько проекций, допускается на отдельных проекциях не указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно определяется на одной проекции (табл.6, поз.3).

Допускается отклонение от размеров графических обозначений, указанных в табл. 1-4 и на чертеже.

Таблица 5 -Нанесенные обозначения элементов приспособлений на схемы(операционные эскизы)

№ п/п	Наименование опор, элементов и установочных устройств.	Примеры нанесения обозначений
1	2	3
1	Центр неподвижный(гладкий)	
2	Центр рифленый	
3	Центр плавающий	
4	Центр вращающийся	

5	Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
6	Патрон поводковый	
7	Люнет подвижный	
8	Люнет неподвижный	
9	Оправка цилиндрическая	
10	Оправка коническая, роликовая	
11	Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой	
12	Оправка шлицевая	
13	Оправка цанговая с пневмоприводом	

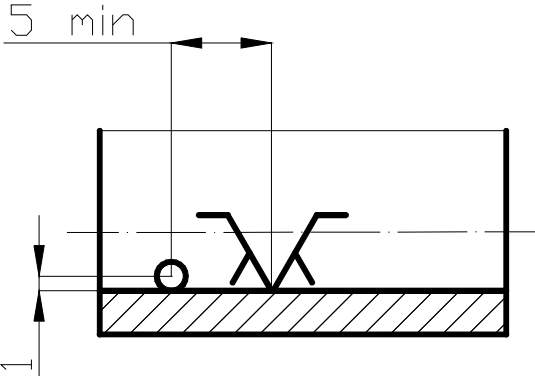
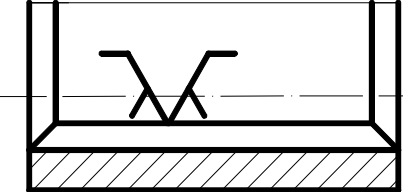
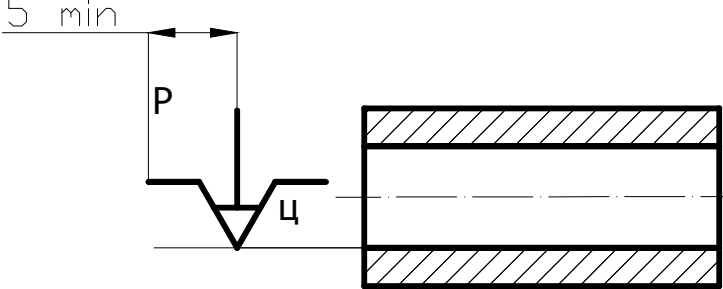
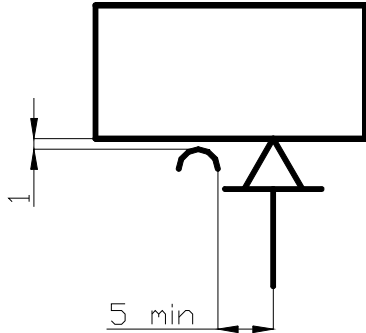
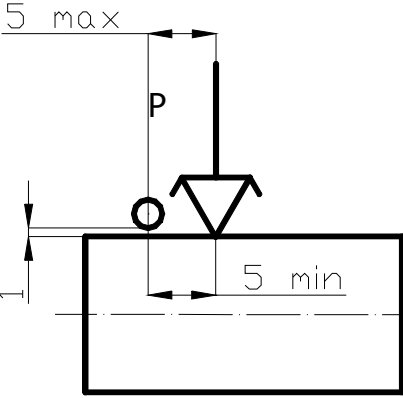
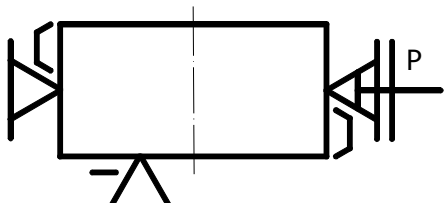
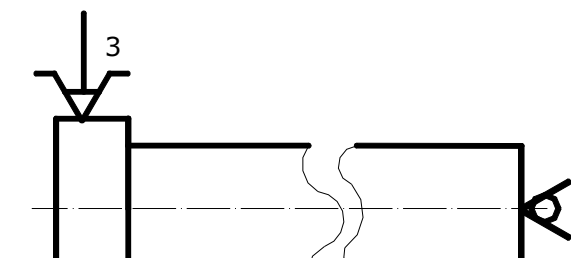
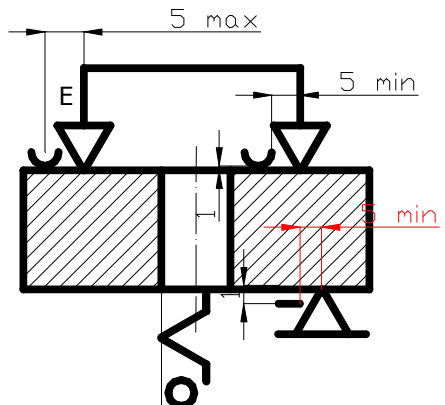
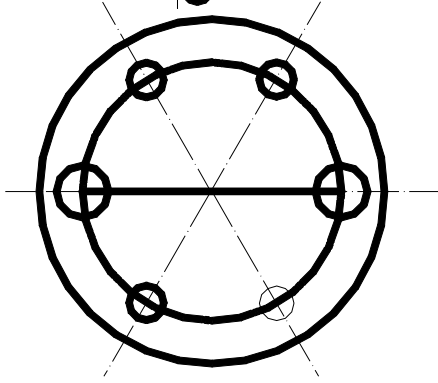
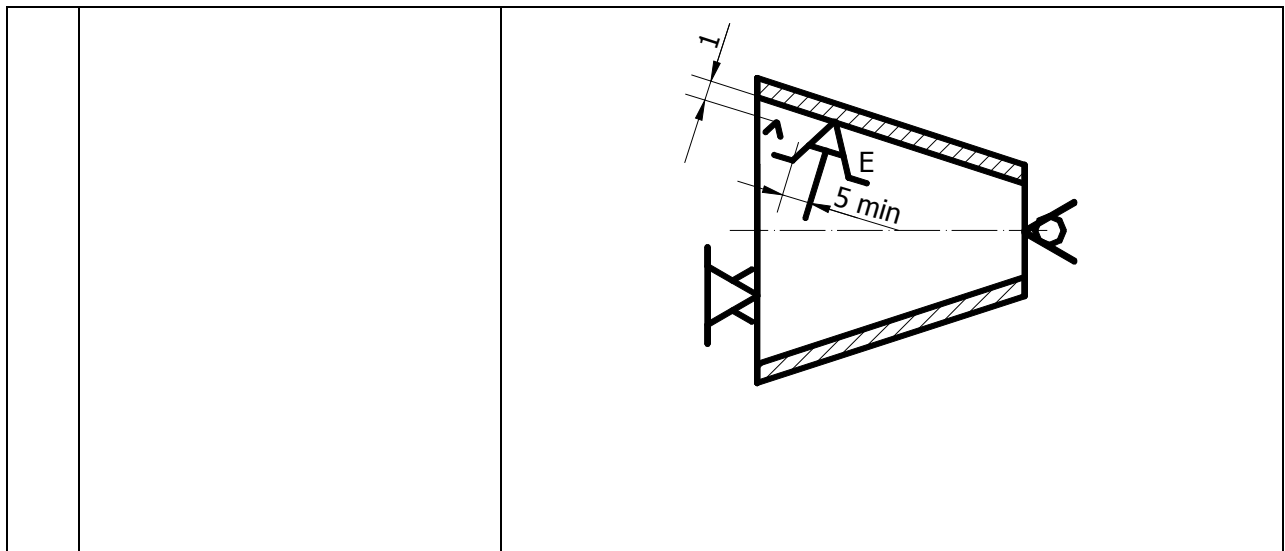
14	Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
15	Зажим пневматический с цилиндрической рифленной рабочей поверхностью	   

Таблица 6 - Схемы установки заготовок и изделий в приспособлении

№ п/п	Описание способа установки	Схема обозначения
1	2	3
1	В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом, с упором в торец.	
2	В трех кулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете.	
3	В скальчатом кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором в торец и с электрическим устройством двойного зажима, имеющим сферические рабочие поверхности.	
4	На конической оправке с гидропластовым устройством механического зажима, с упором в торец и с поджимом вращающимся центром.	



#### 4.5 Зажимные элементы (механизмы)

Зажимными называются механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки.

Таким образом, они предназначены для сохранения в течении всего времени обработки на операции плотного контакта между базовыми поверхностями заготовки и установочными элементами.

Необходимость применения зажимных механизмов отпадает в двух случаях:

- когда обработке подвергается тяжелая, устойчивая заготовка, по сравнению с весом которой силы резания незначительны;
- когда силы, возникающие при обработке, приложены так, что они не могут нарушить произведенную установку заготовки.

Требования, предъявляемые к зажимным элементам:

1) При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое установкой. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима.

2) Сила зажима должна быть минимально необходимой, но достаточной для надежного обеспечения неизменного положения заготовки относительно установочных элементов в процессе обработки.

3) Зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

4) Зажим не должен вызывать деформации закрепляемых заготовок или порчи (смятия) их поверхностей.

5) Зажим и открепление заготовок должны производиться с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 15 кг (147 Н).

6) Силы резания не должны, по возможности, восприниматься зажимными устройствами. Им следует противопоставлять установочные элементы, как более жесткие.

#### ***4.5.1 Методика расчета сил зажима***

Расчет сил зажима может быть сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних (и внутренних) сил.

К заготовке с одной стороны приложены силы, возникающие в процессе обработки, с другой – искомые зажимные силы и реакции опор. Под действием этих сил заготовка должна находиться в равновесии. При расчетах следует ориентироваться на такую стадию сдвигающих сил и моментов, при которой силы зажима получаются наибольшими.

Исходными данными для расчета являются:

- схема базирования заготовки;
- величина, направление и место приложения сил, возникающих при обработке;
- схема закрепления заготовки, то есть направления и точки приложения зажимной силы.

Рассмотрим подробнее выбор исходных данных. Типовые схемы установки уже изучены достаточно подробно. Рассмотрим силы, определяющие в отдельных случаях возможность смещения заготовки, возникновения вибраций или деформаций.

При обработке на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера.

*Силы резания.* По величине, направлению и месту приложения силы резания являются переменными факторами. При неустановившемся режиме (врезании инструмента) сила резания возрастает от нуля до максимума и уменьшается от максимума до нуля (сход инструмента).

При установившемся режиме она также не постоянна и изменяется в определенных пределах. Амплитуда колебаний силы резания в этом случае достигает 0,1 ее номинальной величины. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности, поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания еще более возрастает. С затуплением инструмента сила резания увеличивается на 10...70% и более.

Величина сил резания рассчитывается по формулам теории резания металлов или выбирается из нормативов. Но с учетом сказанного выше при расчетах зажимных сил, величину сил резания увеличивают, вводя коэффициент запаса  $K$ , гарантируя тем самым надежность закрепления заготовки.

Этот коэффициент должен учитывать возможные отклонения в условиях обработки на операции: неоднородность обрабатываемых заготовок, затупление режущего инструмента и связанное с ним увеличение сил резания, а также непостоянство условий установки и закрепления заготовок. В зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции



значение  $K$  следует выбирать дифференцировано. Величину  $K$  можно определить как произведение первичных коэффициентов:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

где  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса; для всех случаев принимается равным 1,5.

$K_1$  – учитывает наличие случайных неровностей на черновых поверхностях заготовок (колебание припусков). При черновой обработке  $K_1=1,2$ , при чистовой  $K_1=1,0$ .

$K_2$  – учитывает увеличение сил резания при затуплении инструмента. Значения  $K_2$  для различных инструментов даны в книге Корсакова В.С. «Основы конструирования приспособлений».

$K_3$  – учитывает увеличение сил резания при обработке прерывистых поверхностей при работе с зазорами:  $K_3=1,2$ .

$K_4$  – характеризует постоянство зажимной силы. Для зажимов с ручным приводом  $K_4=1,3$ , с механизированным приводом –  $K_4=1,0$ , если допуск на размер заготовки не влияет на силу зажима.

$K_5$  – характеризует зажимные механизмы с ручным приводом. При удобном положении рукоятки зажима и малом диапазоне угла ее отклонения  $K_5=1,0$ ; при большом диапазоне угла отклонения рукоятки (более  $90^\circ$ ) или неудобном расположении рукояток  $K_5=1,2$ .

$K_6$  – принимается в расчет только при наличии в наладке моментов, стремящихся повернуть заготовку, и характеризует влияние макронеровностей базовой поверхности. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта (штыри, пластинки)  $K_6=1,0$ . Если на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта (опоры-шайбы), то величины  $K_6=1,5$ .

В целом коэффициент  $K$  может колебаться в пределах от 1,5 до 2,5.

*Объемные, силы тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы* – возникают при определенных условиях обработки. Сила тяжести

заготовки действует и учитывается при установке на вертикальные и наклонно расположенные элементы.

Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения. Величина действующих на заготовку центробежных сил и моментов (при динамическом дисбалансе) сопоставима с силами резания при чистовой обработке.

Инерционные силы (моменты) возникают и имеют значение тогда, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большими угловыми ускорениями.

Кроме этого в ряде случаев возникают второстепенные силы, такие как трение в центрах, трение при выводе сверла и др., которые в большинстве случаев не учитываются ввиду незначительности их величины.

#### ***4.5.2 Порядок расчета силы зажима***

Расчет сил зажима рекомендуется проводить в следующем порядке:

1 Вычислить силы и моменты резания, силу тяжести заготовки, инерционные силы, действующие в процессе обработки.

2 Составить расчетную схему действующих на заготовку сил. Для этого:

2.1 Изобразить заготовку с опорными точками (при необходимости в нескольких проекциях).

2.2 Изобразить (нанести на схему) все активные силы, действующие на заготовку (силы резания, инерции, тяжести и зажима). При этом силы тяжести и силы инерции следует учитывать в том случае, когда их величины составляют более 10% от сил резания.

2.3 Условно отбросить опоры и заменить их действие реакциями связей, которые должны быть направлены по нормали к поверхности заготовки.

2.4 Изобразить силы трения, которые определяются как  $F_{тр}=f \cdot R$  или  $F_{тр}=f \cdot W$  (где  $R$  – реакция опоры,  $W$  – сила зажима,  $f$  – коэффициент трения скольжения).

Их направление противоположно возможному смещению заготовки по опорам. В общем случае силу трения следует раскладывать на составляющие по координатным осям.

2.5 Убедиться, что данная задача является статически определенной, то есть число алгебраических неизвестных (сил реакции опор и сил зажима) – не более шести.

2.6 Выбрать систему осей декартовых координат так, чтобы наибольшее возможное число сил было параллельно или перпендикулярно этим осям (что уменьшит число составляемых уравнений для проекций сил) и чтобы линии действия неизвестных сил пересекали эти оси.

2.7 Расчетную схему сил следует составить для наиболее неблагоприятного варианта местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности, при котором для удержания заготовки от перемещения и поворота под действием силы резания требуется приложить наибольшее зажимное усилие.

3 Составить систему уравнений статики, то есть уравнения сил и моментов из условия равновесия заготовки (количество уравнений должно быть равно количеству неизвестных в расчетной схеме).

4 Определить величину силы зажима  $W$ , решая данную систему уравнений сил и моментов. Типовые схемы расчета  $W$  приведены в справочниках.

5 Полученное значение зажимного усилия  $W$  увеличить, умножая его на коэффициент запаса:

$$K = K_0 \cdot \prod_{i=1}^6 K_i .$$

### 4.5.3 Выбор направления зажимной силы

Для удовлетворения требований к зажимным элементам большое значение имеет выбор направления зажимной силы. Величина зажимной силы в значительной степени зависит от ее направления.

При выборе направления зажимной силы необходимо придерживаться следующих правил:

1) Зажимная сила должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов, чтобы к ним прижать установочную базу.

2) При установке на несколько базовых поверхностей сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

3) Направление силы зажима должно совпадать с направлением веса заготовки; это облегчает работу зажимного устройства.

4) Направление силы зажима должно совпадать с направлением силы резания.

На практике редко можно обработать направление силы зажима, удовлетворяющее всем правилам. В этих случаях необходимо находить оптимальные решения.

Выбору рационального направления зажимной силы способствует введение в силовую схему закрепления заготовки упора. Упоры воспринимают действующие на заготовку силы и позволяют уменьшить необходимую величину зажимной силы или изменить ее направление.

Упоры, как правило, применяются в двух случаях:

1) когда при обработке действуют большие сдвигающие силы, направление которых параллельно поверхности основных установочных элементов;

2) когда при обработке без упора заготовка не имеет поверхности, способной воспринять силу зажима.

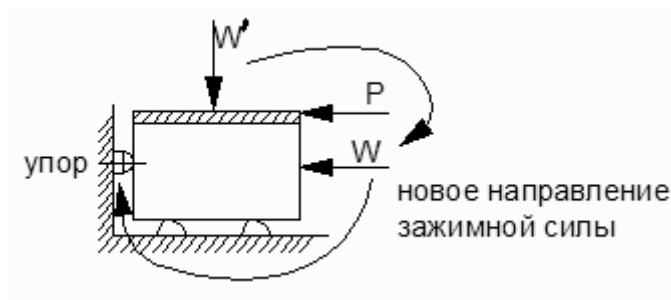


Рис. 4.58 - Схема применения упора.

#### 4.5.4 Выбор точки приложения зажимной силы

При выборе места приложения силы зажима необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) Сила зажима не должна опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам. Для этого необходимо, чтобы точка приложения зажимной силы:

а) проектировалась на установочный элемент, по возможности ближе к его центру, или в многоугольник, образованный линиями, соединяющими установочные элементы (рис. 4.59,а);

б) лежала на участке поверхности заготовки, параллельной поверхности установочного элемента (рис. 4.59,б).

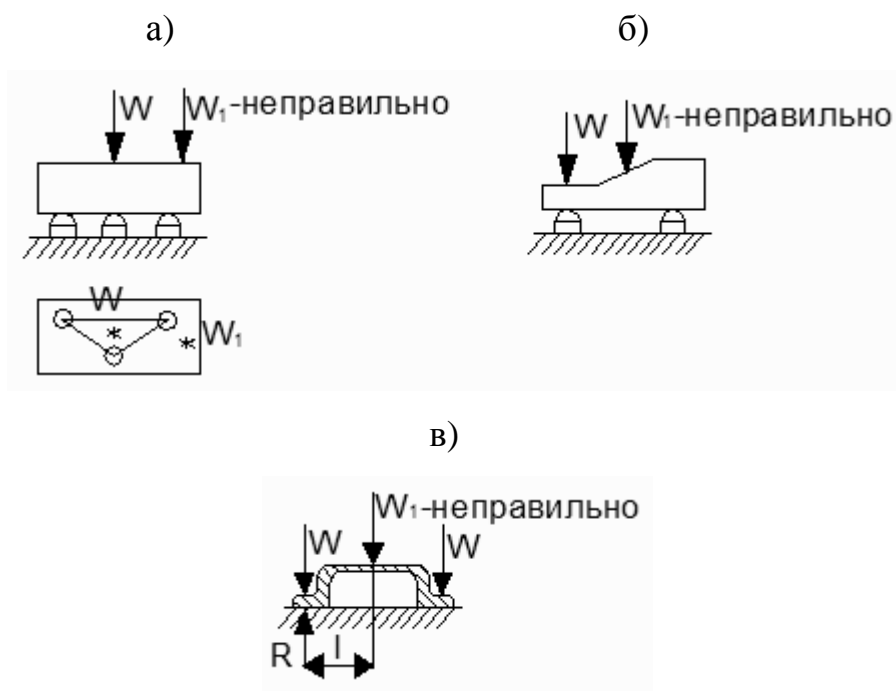


Рис. 4.59 - Схемы расположения сил зажима на заготовке.

2) Сила зажима с реакциями опор не должна создавать изгибающих моментов во избежание деформаций заготовки и связанных с этим дополнительных погрешностей выполняемых размеров (рис. 4.59, в).

3) Точка приложения зажимной силы должна быть расположена ближе к месту обработки, особенно для заготовок малой жесткости.

#### 4.5.5 Расчеты зажимной силы при различных схемах установки и закрепления

##### 4.5.5.1 Определение зажимной силы, предупреждающей поступательное перемещение заготовки

а) Сила резания  $P$  действует параллельно опорной плоскости (рис. 4.60).

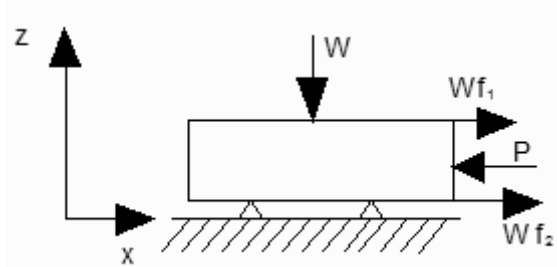


Рис. 4.60 - Схема действия сил.

Весом заготовки пренебрегаем.

$$\sum F_x = 0;$$

Тогда 
$$kP - f_1W - f_2W = 0;$$

$$W = \frac{kP}{f_1 + f_2};$$

б) Сила резания  $P$  действует под углом к опорной плоскости (рис. 4.61.).

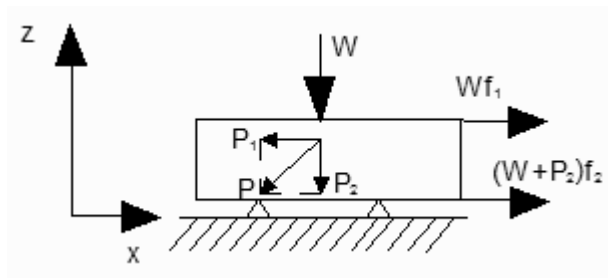


Рис. 4.61 - Схема действия сил.

$$\sum F_x=0; \quad kP_1 - f_1W - (W+P_2)f_2= 0;$$

Отсюда

$$W = \frac{kP_1 - P_2f_2}{f_1 + f_2};$$

в) Сила резания  $P$  действует под углом от опорной плоскости (рис. 4.62).

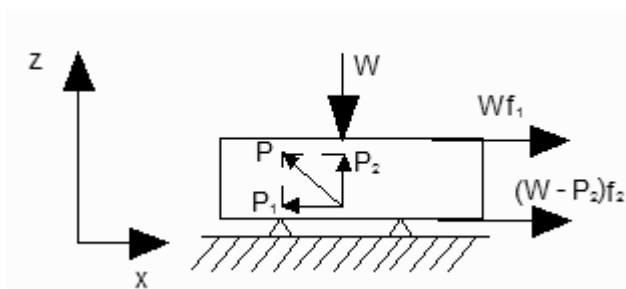


Рис. 4.62 - Схема действия сил.

$$\sum F_x=0; \quad kP_1 - f_1W - (W-P_2)f_2= 0;$$

Отсюда

$$W = \frac{kP_1 + P_2f_2}{f_1 + f_2};$$

г) Сила резания  $P$  действует под углом от опорной поверхности при наличии упора (рис. 4.63).

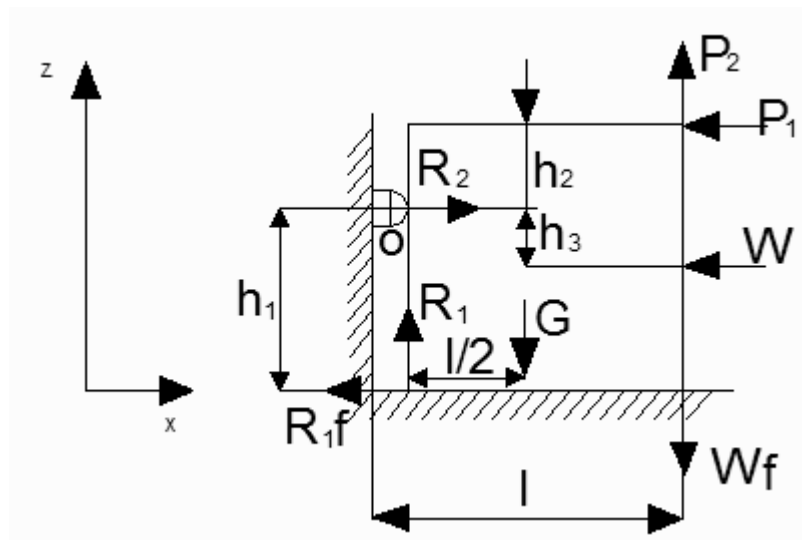


Рис. 4.63 - Схема действия сил.

Считаем, что коэффициент трения заготовки об упор и основание приспособления одинаковы:  $f_1=f_2=f$ .

Под действием сил резания  $P_1$  и  $P_2$  заготовка стремится повернуться против часовой стрелки вокруг точки  $O$ . При этом возникают: реакция  $R_1$ , сила трения  $f \cdot R_1$ , сила трения  $f \cdot W$ . Повороту будут препятствовать моменты сил от: силы трения  $f \cdot R_1$  (плечо  $h_1$ ), силы трения  $f \cdot W$  (плечо  $l$ ) и зажимной силы  $W$  (плечо  $h_3$ ).

Определим сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\sum F_z = 0; \quad R_1 + kP_1 - G - fW = 0;$$

Отсюда

$$R_1 = fW - kP_2 + G;$$

Сумма моментов относительно точки  $O$ :  $\sum M_0 = 0$ ;

$$G \frac{l}{2} + fR_1 h_1 + fWl + Wh_3 = kP_2 l + kP_1 h_2;$$

Подставив  $R_1$  из первого уравнения, получим:

$$f^2 W h_1 - k f P_2 h_1 + f h_1 G + f W l + W h_3 = k P_2 l + k P_1 h_2;$$

Тогда

$$W = \frac{k[P_2(fh_1 + l) + P_1 h_2] - G(fh_1 + \frac{l}{2})}{f^2 h_1 + fl + h_3}.$$



#### 4.5.5.2 Определение зажимной силы, предупреждающей проворачивание заготовки под действием момента резания

а) Заготовка закреплена в трехкулачковом патроне и находится под воздействием момента резания  $M_{рез}$ . Удерживается от проворота моментом трения между кулачками и заготовкой (рис. 4.64).

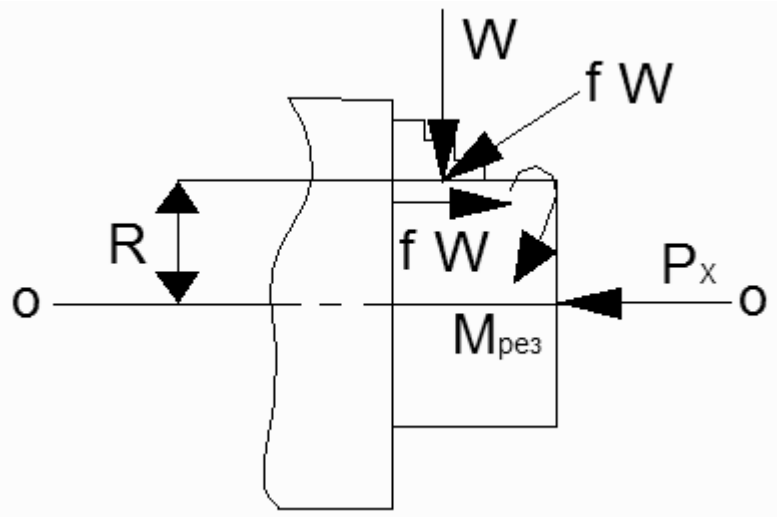


Рис. 4.64 - Схема действия сил.

Условие равновесия будет:  $\sum M_o=0$ ;

$$kM_{рез} - 3WfR = 0;$$

В общем случае:

$$W = \frac{kM_{рез}}{fRn};$$

где  $n$  – число кулачков.

Если имеется значительная осевая сила  $P_x$  и заготовка не имеет упора торцом, необходима сила трения, которая будет препятствовать осевому сдвигу заготовки.

$$Wfn \geq kP_x;$$

Тогда

$$W \geq \frac{kP_x}{fn}.$$

Из двух рассчитанных сил зажима  $W$  выбирают большую.

б) Заготовка центрируется на пальце и прижимается к трем точечным опорам несколькими прихватами. При действии  $M_{\text{рез}}$  заготовка удерживается от проворота моментами трения на опорах и между прихватами и заготовкой (рис. 4.65).

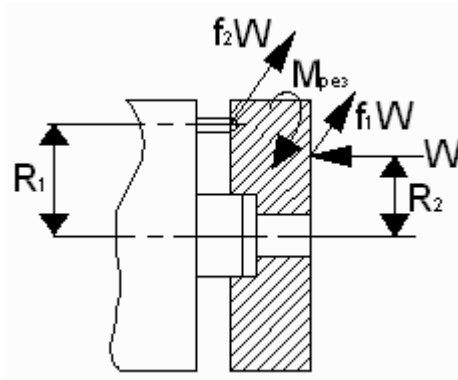


Рис. 4.65 - Схема действия сил.

Считая реакции на опорах равными, условие равновесия можно записать:

$$\sum M_0 = 0;$$

$$kM_{\text{рез}} = f_1WR_2n_1 + f_2WR_1n;$$

Отсюда

$$W = \frac{kM_{\text{рез}}}{n_1f_1R_2 + f_2R_1n}$$

в) Заготовка центрируется на оправке и удерживается от проворота моментами трения на кольцевой площадке бурта оправки и между зажимом и заготовкой (рис. 4.66).

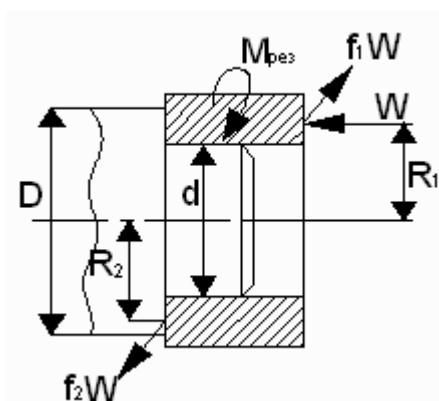


Рис. 4.66 - Схема действия сил.

Условие равновесия будет (при равномерном распределении силы по кольцевой площадке):

$$kM_{\text{рез}} = f_1WR_1 + f_2WR_2;$$

где 
$$R_2 = \frac{1}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2};$$

откуда:

$$W = \frac{kM_{\text{рез}}}{f_1R_1 + \frac{1}{3}f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}.$$

г) Заготовка закреплена в призме с углом  $\alpha$  (рис. 4.67).

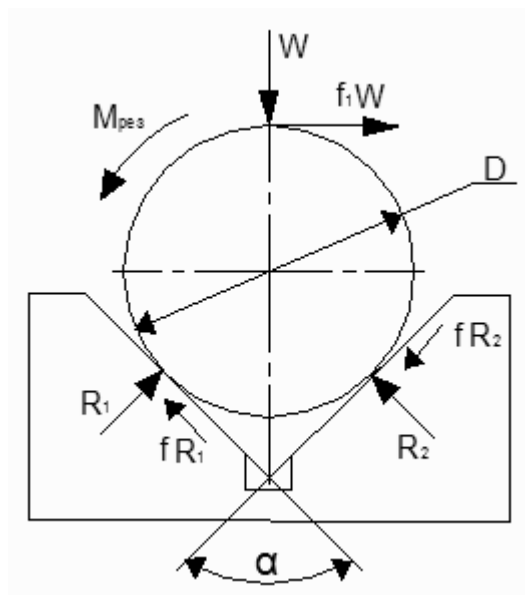


Рис. 4.67 - Схема действия сил.

Если на торце заготовки нет сил трения, условие равновесия будет:

$$kM_{\text{рез}} = f_1 \frac{D}{2} R_1 + 2Rf_2 \frac{D}{2};$$

$$R_1 = R_2 = R = \frac{W}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2};$$

Откуда:

$$W = \frac{kM_{\text{рез}}}{f_1 \frac{D}{2} + f_2 \frac{D}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2}}.$$

При действии значительной осевой силы  $P_x$  (кроме  $M_{\text{рез}}$ ) и отсутствии упора сила зажима должна также удовлетворять условию:

$$W \geq \frac{kP_x}{f_1 + f_2 \frac{1}{\sin \alpha/2}}.$$

#### ***4.5.5.3 Определение силы зажима, предупреждающей смещение заготовки под действием нескольких одновременно действующих моментов***

Такая схема сил резания характерна для многошпиндельных агрегатных и расточных станков, при обработке отверстий мерным инструментом (рис. 4.68).

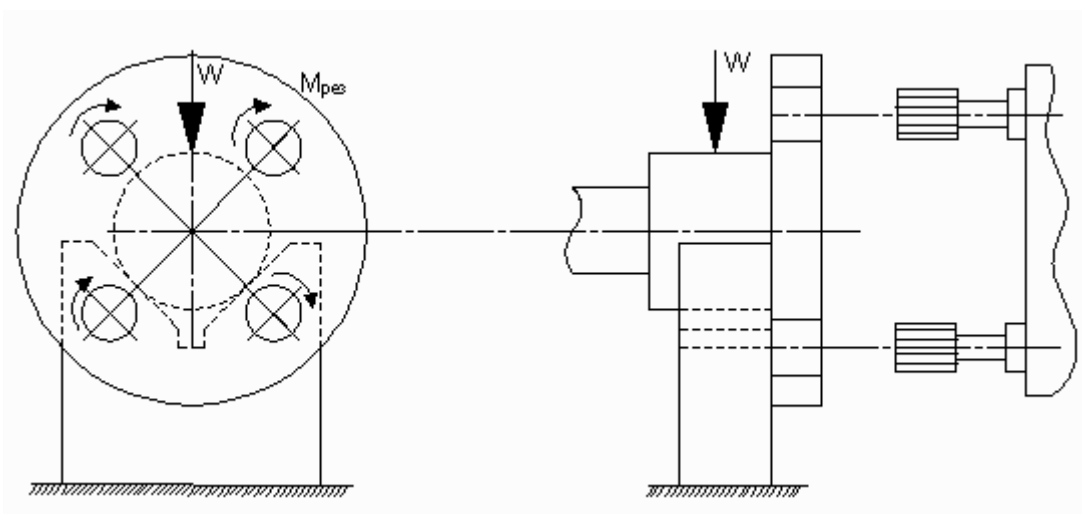


Рис. 4.68 - Схема обработки отверстий на многошпиндельных станках.

При малой радиальной жесткости инструмента на заготовку действует момент, суммируемый от отдельных инструментов (рис. 4.68). Под действием этого суммарного момента  $M_{\text{рез}}$  заготовка стремится повернуться вокруг той оси, где момент трения наименьший. Если заготовка крепится хвостовиком к

призме, то для расчета силы зажима можно применить формулу, полученную нами для случая закрепления на рис. 4.67.

Если заготовка установлена на торец и удерживается моментом трения на торцах, то в зависимости от схемы установки, можно воспользоваться формулами для схем на рис. 4.65 или 4.66.

На рис. 4.69 показаны схемы расточки нескольких отверстий одновременно однорезцовыми скалками.

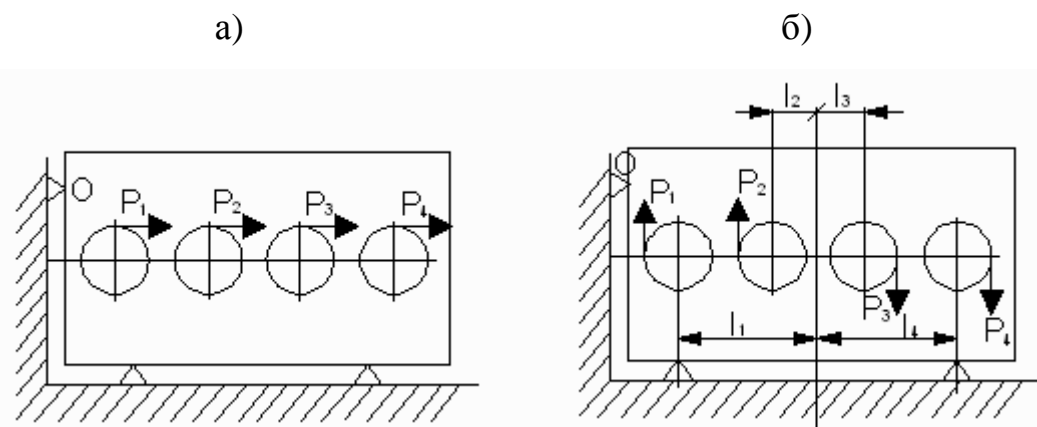


Рис. 4.69 - Схемы расточки отверстий однорезцовыми скалками.

В зависимости от взаимного углового положения резцов может возникнуть максимальная сдвигающая сила  $P=P_1+P_2+P_3+P_4$  (рис. 4.69, а) или максимальный суммарный момент  $M=P_1l_1+P_2l_2+P_3l_3+P_4l_4$  (рис. 4.69, б). Для данной схемы установки расчет силы зажима необходимо вести по одному наиболее неблагоприятному из этих условий.

Если отверстия на рис. 4.69,а растачиваются многорезцовыми головками, суммарный крутящий момент стремится повернуть деталь вокруг точки О. В этом случае в основу расчета может быть положена схема расчета на рис. 4.64. При расчете силы зажима ориентируются на самую неблагоприятную фазу изменения сил резания. Так, при одновременной обработке детали с двух противоположных сторон на агрегатных станках, расчет сил зажима следует вести ориентируясь на действие сил и моментов резания, действующих с одной стороны. Это определяется тем, что в общем случае отдельные инструменты

начинают и кончают обработку в различные моменты времени, а также тем, что при поломке инструмента с одной стороны система СПИД должна оставаться в равновесии.

#### 4.6 Классификация зажимных механизмов

Зажимные механизмы приспособлений делятся на простые и комбинированные, то есть состоящие из двух-трех заблокированных простых механизмов.



К простым механизмам относятся клиновые, винтовые, эксцентрикковые, рычажные, рычажно-шарнирные и др. Простые механизмы принято называть зажимами.

Комбинированные механизмы обычно выполняются как винто-рычажные, эксцентрико-рычажные и т. п.

В тех случаях, когда простые или комбинированные механизмы используются в компоновках с механизированными приводами, их называют механизмами-усилителями.

По числу ведомых звеньев механизмы делятся на однозвенные, двухзвенные и многозвенные (многоточечные).

Каждый зажимной механизм имеет ведущее звено, к которому прикладывается исходная сила, и одно или несколько ведомых звеньев (прижимных планок, плунжеров, кулачков), передающих обрабатываемой детали силы зажима.

Многозвенные механизмы зажимают одну деталь в нескольких точках или несколько деталей в многоместном приспособлении одновременно и с равными силами.

Особую группу многозвенных механизмов составляют самоцентрирующие патроны и оправки.

#### ***4.6.1 Простые зажимные механизмы***

При конструировании приспособления всегда возникает задача по найденной силе зажима  $W$  установить тип и основные размеры зажимного устройства и определить силу, развиваемую приводом. Для любого зажимного механизма можно записать уравнение сил:

$$W=Q \cdot i;$$

где  $W$  – сила, развиваемая на ведомом звене (сила зажима);

$Q$  – исходная сила, получаемая зажимным механизмом от силового привода (прикладываемая к ведущему звену механизма).

$i$  – передаточное отношение сил, характеризующее конструктивные параметры механизма.

Рассмотрим основные конструктивные разновидности простых зажимных механизмов и методику определения сил зажима для каждого из них.

#### 4.6.1.1 Винтовые механизмы

Винтовые механизмы имеют самое широкое распространение и применяются в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, с механизированным приводом, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников.

Достоинствами их является простота конструкции, невысокая стоимость и высокая надежность в работе.

Однако простейший зажим в виде индивидуального винта, действующего на деталь непосредственно, применять не рекомендуется, так как в месте его действия деталь деформируется и, кроме того, под влиянием момента трения, возникающего на торце винта, может быть нарушено положение обрабатываемой детали в приспособлении относительно инструмента.

Правильно сконструированный простейший винтовой зажим, кроме винта должен состоять из направляющей резьбовой втулки со стопором, предотвращающим произвольное ее вывинчивание, наконечника и гайки с рукояткой или головкой (рис. 4.70).

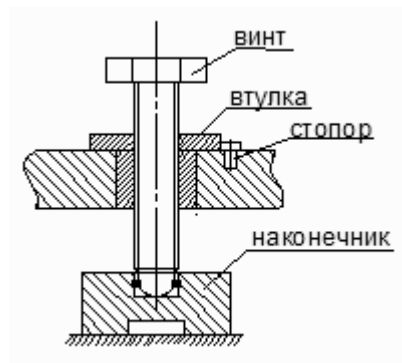


Рис. 4.70 - Винтовой механизм.

Наконечник предназначен для увеличения поверхности соприкосновения зажима с обрабатываемой деталью, в результате чего значительно уменьшается давление на деталь, а следовательно, и деформация смятия детали. Кроме того, наконечник, перемещаясь только поступательно, почти исключает возникновение момента трения в месте соприкосновения с деталью и тем



самым не нарушает положение детали, определившееся установочными элементами.

Винтовые механизмы используются как для непосредственного зажима, так и в сочетании с другими механизмами. Непосредственный зажим осуществляется либо винтом при неподвижной резьбовой втулке (рис. 4.71,а), либо гайкой при неподвижной шпильке (рис. 4.71,б).

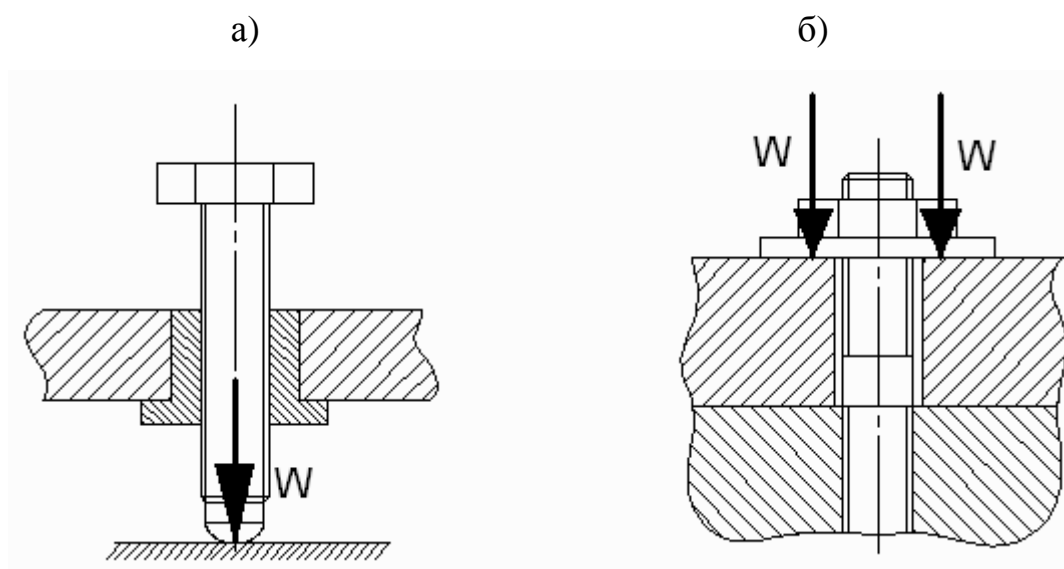


Рис. 4.71 - Схема закрепления винтом (а) и гайкой (б).

Номинальный диаметр винта определяется по формуле:

$$d = C \sqrt{\frac{W}{\sigma}}; \text{ (мм)}$$

где  $C=1,4$  – коэффициент для основной метрической резьбы.

$W$  – сила зажима закрепления заготовки, Н.

$\sigma$  – напряжение растяжения (сжатия).

Для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы  $\sigma=80\dots 100$  МПа.

Диаметр округляют до ближайшего большего значения. В приспособлениях применяют метрическую резьбу от М8 до М42.

#### **4.6.1.2 Определение силы зажима, развиваемой с помощью винтовых механизмов**

1) Зажим осуществляется гайкой.

В этом случае при завинчивании гайки момент силы, приложенной к гаечному ключу (или к рукоятке головки), расходуется на преодоление момента  $M_{тр1}$  силы трения в резьбовом соединении гайки с винтом и момента  $M_{тр2}$  силы трения на опорной поверхности гайки.

Момент завинчивания гайки определяется по формуле:

$$M=Q \cdot l;$$

где  $Q$  – сила, приложенная к гаечному ключу;

$l$  – расчетная длина ключа (рукоятки).

Момент силы трения в резьбовом соединении определится из выражения:

$$M_{тр1} = W \frac{d_{ср}}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1);$$

где  $W$  – сила зажима.

$d_{ср}=d_2$  – средний диаметр резьбы.

$\omega$  - угол подъема винтовой линии резьбы ( $\omega$  для М8...М42 меняется от  $3^{\circ}10'$  до  $3^{\circ}57'$ ).

$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha}$  – приведенный угол трения в резьбе ( $f$  – коэффициент трения,  $\alpha$  – угол профиля резьбы).

Момент силы трения на опорной поверхности гайка:

$$M_{тр2} = W \frac{f_1}{3} \frac{D^2 - D_0^2}{D^2 - D_0^2},$$

где  $f_1$  – коэффициент трения на опорной поверхности гайки (можно принять  $f_1=f$ );

$D$  – наибольший диаметр опорной поверхности гайки;

$D_0$  – диаметр отверстия для болта в шайбе.

Из условия равновесия затянутой системы деталей можно записать, что:

$$M = M_{\text{тр}1} + M_{\text{тр}2};$$

или, подставляя значения

$$Ql = W \left[ \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + \frac{f_1 D^3 - D_0^3}{3 D^2 - D_0^2} \right];$$

отсюда

$$W = \frac{Ql}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + \frac{f_1 D^3 - D_0^3}{3 D^2 - D_0^2}}.$$

2). Зажим осуществляется торцевой частью винта.

В этом случае величина силы зажима зависит от формы торца винта и от формы поверхности, на которую опирается винт (рис. 4.72).

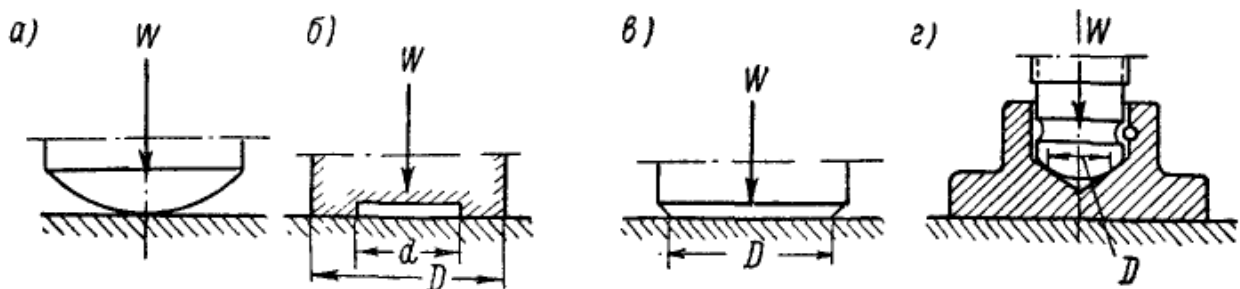


Рис. 4.72 - Зажим винтом с различной формой торца.

Для винтов со сферической пятой (рис. 4.72,а):

$M_{\text{тр}2} = 0$ ; и сила зажима определяется по формуле:

$$W = \frac{2 Ql}{d_2 \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1)}.$$

Для винтов с кольцевой пятой (рис. 4.72,б) сила зажима определяется также как для зажима гайкой.

Для винтов с плоской пятой (рис. 4.72,в) момент трения  $M_{\text{тр}2}$  рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} W f D;$$

а сила зажима будет равна:

$$W = \frac{Ql}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + f \frac{D}{3}}$$

Для винтов с неподвижным наконечником и сферической пятой (рис. 4.72,г) момент трения равен:

$$M_{\text{тр2}} = Wf \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$$

Тогда сила зажима будет

$$W = \frac{2 Ql}{d_2 \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + Df \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}$$

При проектировании зажимных винтов с плоской или кольцевой пятой целесообразно проверить их торцы по напряжениям смятия, пользуясь формулой:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{W}{F_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}];$$

$$\text{а) } F_{\text{см}} = \frac{\pi D^2}{4};$$

$$\text{б) } F_{\text{см}} = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4}.$$

Торцы винтов со сферической пятой необходимо проверить по контактными напряжениями, пользуясь формулой:

$$\sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{q \frac{E_{\text{пр}}}{\rho_{\text{пр}}}} \leq [\sigma_{\text{кн}}];$$

где  $q$  – нагрузка, равная отношению силы  $W$  к длине линии контакта (для винтов типа г)  $\rightarrow q = \frac{W}{\pi D}$ ; типа а)  $\rightarrow q = W$ );

$E_{\text{пр}} = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}$  – приведенный модуль упругости материалов контактируемых деталей;

$\rho_{\text{пр}} = \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$  – приведенный радиус кривизны контактируемых поверхностей деталей в месте их контакта.

$[\sigma_{\text{см}}]$  - допускаемой контактное напряжение. Оно выбирается в зависимости от предела текучести  $\sigma_T$  материала менее прочной из контактирующих деталей.

С учетом сказанного имеем:

$$\text{для винтов типа а): } \sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{W \cdot 2,2 \cdot 10^6}{r^2}} \approx 620 \sqrt{\frac{W}{r^2}},$$

$$\text{для винтов типа г): } \sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{W \cdot 2,2 \cdot 10^6}{\pi D r}} \approx \frac{248}{r} \sqrt{\frac{W}{\sin \frac{\beta}{2}}}.$$

При грубо приближенных расчетах для определения силы зажима при нормальной длине ключей ( $l=14d$ , где  $l$  – длина ключа,  $d$  – номинальный диаметр резьбы) можно пользоваться формулами:

- при зажиме винтами со сферической пятой  $W \approx 140Q$ ;
- при зажиме гайками  $W=65Q$ .

Большинство деталей винтовых механизмов приспособлений стандартизованы.

Материал нажимных винтов – сталь 45. Твердость HRC 33...38, метрическая или трапецеидальная резьба.

Материал гаек – сталь 45 (HRC 30...35) или сталь 40X (HRC 33...38).

#### **4.6.1.3 Клиновые механизмы**

Клин очень широко применяется в зажимных механизмах приспособлений. Это объясняется тем, что с помощью клина достигается:

- а) увеличение исходной силы, развиваемой силовым приводом;
- б) перемена направления действия исходной силы;
- в) повышение надежности работы зажимных механизмов при использовании самоцентрирующихся клиньев.

Если клиновой механизм применяется для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно  $45^0$ , а если для увеличения силы зажима или повышения надежности, то угол клина принимается  $6...15^0$  (угла самоторможения).

В зажимных механизмах приспособлений клин применяется в следующих конструктивных вариантах:

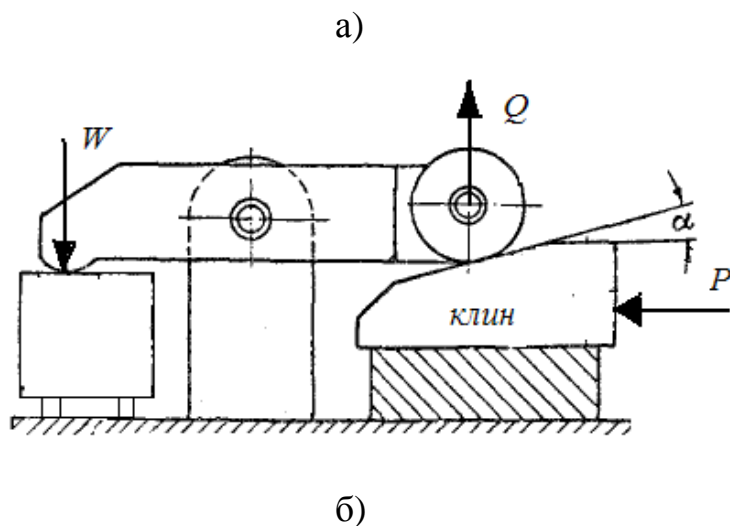
1) Плоский односкосый (рис. 4.73, а).

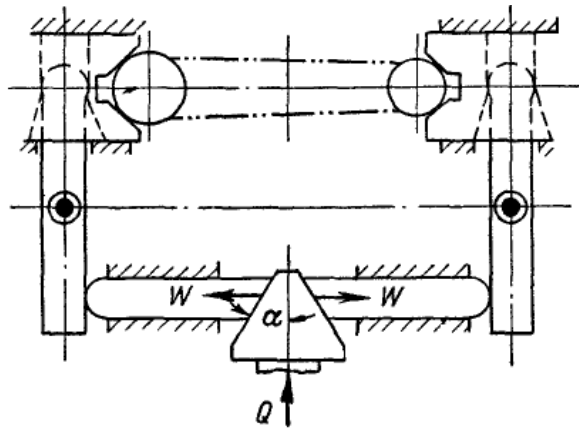
2) Двускосый клин или круглый – зажимает одновременно по две заготовки (рис. 4.73, б).

3) Криволинейный клин в форме эксцентрика или плоского кулачка (рис. 4.73, в). В этих конструкциях основание односкосого клина как бы наведено на окружность диска, а наклонная его плоскость превращена в криволинейную поверхность.

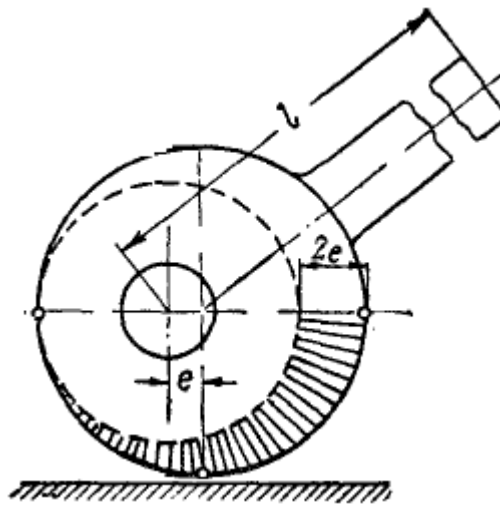
4) Винтовой клин в форме торцового кулачка (рис. 4.73, г).

Здесь односкосый клин как бы свернут в цилиндр. При этом основание клина образует опору, а наклонная плоскость – винтовой профиль кулачка.





B)



Г)

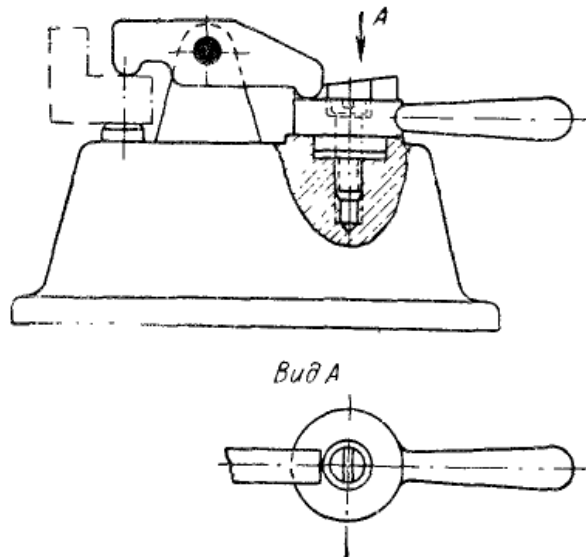


Рис. 4.73 - Конструктивные варианты клиньев.

#### 4.6.1.4 Расчет сил зажима в клиновых механизмах

##### 1. Плоский односкосый клин.

Клин 1 силой привода заталкивается в клиновой паз корпуса 2 и зажимает заготовку 3 (рис. 4.74).

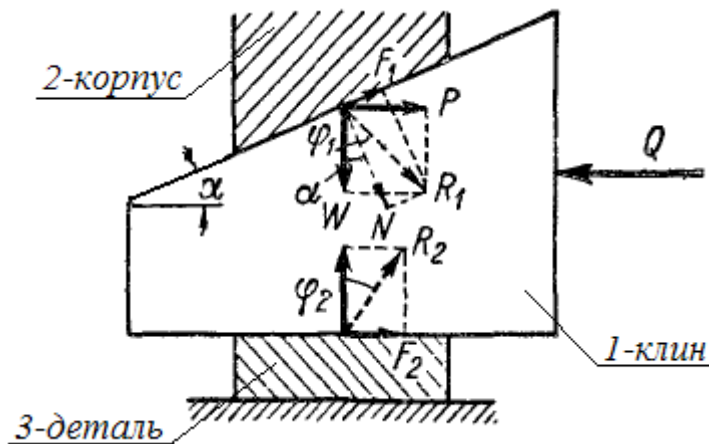


Рис. 4.74 - Плоский односкосый клин.

При движении клина на его плоскостях возникают нормальные силы  $W$  и  $N$  и силы трения  $F_1$  и  $F_2$ , причем

$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = N \cdot f_1;$$

$$F_2 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = N \cdot f_2;$$



где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – угла трения;

$f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения.

Рассмотрим равновесие клина под действием всех приложенных к нему сил. Для этого равнодействующую  $R_1$  сил  $N$  и  $F_1$  разложим на две силы  $W$  и  $P$ . Так как в зажатом состоянии клин находится в равновесии, то вертикальная составляющая по величине равна  $W$ . Горизонтальная составляющая  $P$  равна:

$$P=W \cdot \operatorname{tg}(\alpha+\varphi_1).$$

Сумма проекций всех сил на направление силы  $Q$  равна нулю:

$$P+F_2 - Q=0;$$

или

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

Откуда

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

В этой формуле дробь  $i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha+\varphi_1)+\operatorname{tg}\varphi_2}$  - передаточное отношение плоского односкосого клина с трением на обеих поверхностях.

Если применять клин с трением только по наклонной поверхности (цанга), то  $\operatorname{tg}\varphi_2=0$  и

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

Существенным недостатком рассмотренного механизма является низкий КПД, то есть большие потери на трение, которые резко увеличиваются с уменьшением угла клина.

Для повышения КПД клинового механизма заменяют трение скольжения по поверхностям клина трением качения, применяя опорные ролики (рис. 4.75).

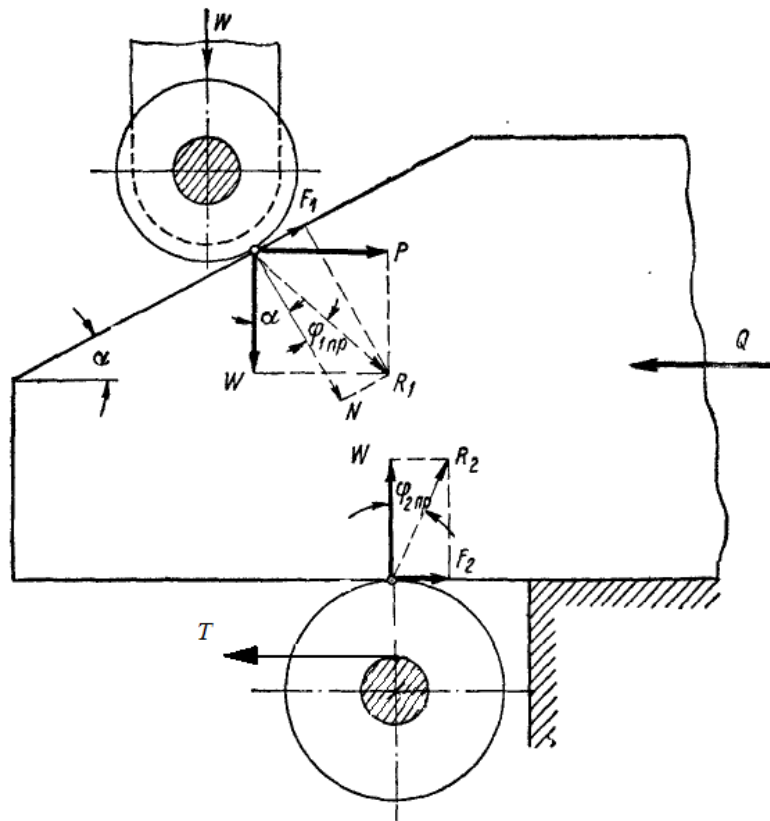


Рис. 4.75 - Схема действующих сил в клиновом механизме с роликами.

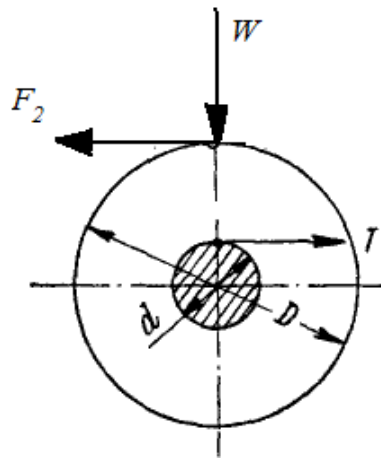


Рис. 4.76 - Схема сил, действующих на ролик.

Схема действующих сил принципиально ничем не отличается от механизма с плоским односкосым клином без роликов, поэтому для расчета этого механизма вполне можно применить предыдущую формулу, заменив углы трения скольжения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  на углы трения качения  $\varphi_{1np}$  и  $\varphi_{2np}$ :

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

Значения  $\varphi_{1пр}$  и  $\varphi_{2пр}$  можно определить, рассмотрев в отдельности равновесие роликов.

Рассмотрим равновесие нижнего ролика, приравняв нулю сумму моментов всех сил относительно оси ролика (рис. 4.76):

$$F_2 \frac{D}{2} - T \frac{d}{2} = 0;$$

где  $T$  – сила трения скольжения между роликом и осью:

$$T = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$D$  – диаметр ролика;

$d$  – диаметр цапфы (оси) ролика.

$F_2 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2пр}$  – сила трения качения между роликом и клином.

Откуда

$$W \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2пр} \cdot \frac{D}{2} - W \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{d}{2} = 0;$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi_{2пр} \cdot \frac{D}{2} = \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{d}{2}$$

Приведенный угол трения

$$\varphi_{2пр} = \operatorname{arctg} \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Соответственно для верхнего ролика:

$$\varphi_{1пр} = \operatorname{arctg} \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_1.$$

В конструкциях с роликами потери на трение снижаются, а сила возрастает на 30...50% по сравнению с клином без роликов.

#### ***4.6.1.5 Клиноплунжерные механизмы***

Они бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двухплунжерные механизмы применяют как зажимные; многоплунжерные используют как самоцентрирующие механизмы.

Расчет силы зажима в одноплунжерных механизмах.

Существуют две основные принципиальные схемы одноплунжерных механизмов:

- а) с консольным плунжером (рис. 4.77,а);
- б) с двухпорным плунжером (рис. 4.78,а).

Для получения расчетных формул рассмотрим равновесие клина и плунжера каждого механизма в отдельности.

В конструкции а) клин представляет собой плоский односкосый клин, формула для его расчета получена ранее

$$W' = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}; \quad (1)$$

$$P = W' \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \quad (2)$$

Рассмотрим равновесие плунжера 2 (рис. 4.77,б).

Консольный плунжер под действием силы  $P$  перекашивается в пределах зазора в направляющих. В результате давление плунжера на направляющие распределяется по закону треугольника. равнодействующая этих давлений  $N$  удалены от вершины прямого угла на  $1/3$  катета, то есть расстояние между силами  $N$  равно  $2/3a$ .

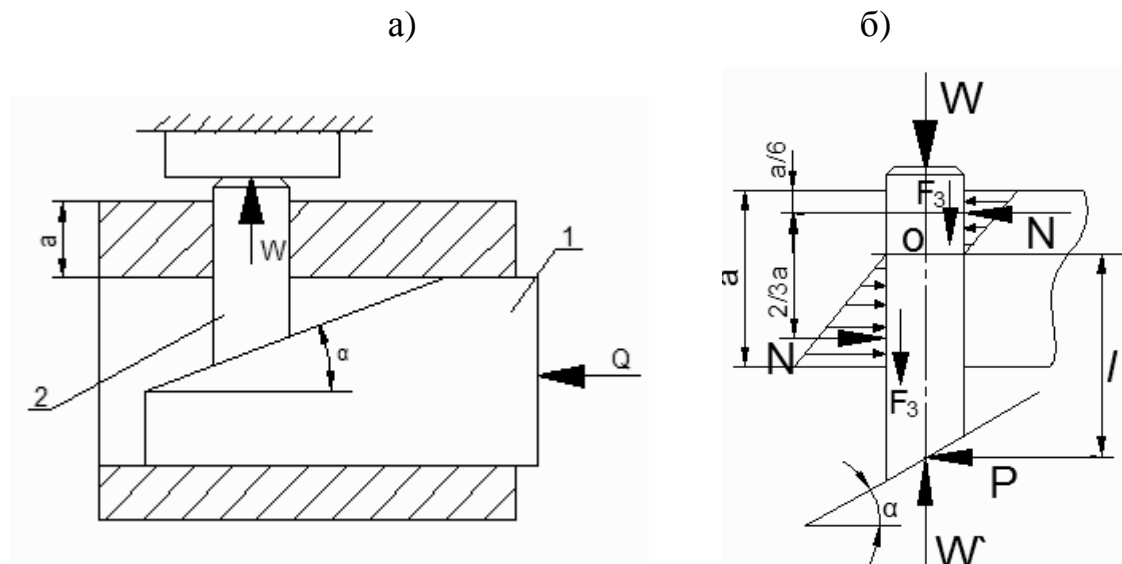


Рис. 4.77 - Схема клиноплунжерного механизма с консольным плунжером.

При условии равновесия плунжера сумма моментов сил  $P$  и  $N$  относительно точки  $O$  равна 0:

$$Pl - N \frac{2}{3} a = 0; \quad (3)$$

Откуда

$$N = P \frac{3l}{2a} = W \frac{3l}{2a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (4)$$

Для зажима заготовки плунжер перемещается вверх, при этом силы  $N$  вызывают силы трения  $F_3$ , которые препятствуют перемещению плунжера:

$$F_3 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_3;$$

Подставив сюда  $N$  из (4), имеем:

$$F_3 = W \frac{3l}{2a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3; \quad (5)$$

Возьмем сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$-W - 2F_3 + W = 0; \quad (6)$$

и подставим сюда значение  $F_3$

$$-W - W \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3 + W = 0;$$

откуда

$$W = W \frac{1}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}; \quad (7)$$

Приравняем между собой выражения для  $W$  из уравнений (1) и (7)

$$\frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{W}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3};$$

откуда

$$W = Q \frac{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}. \quad (8)$$

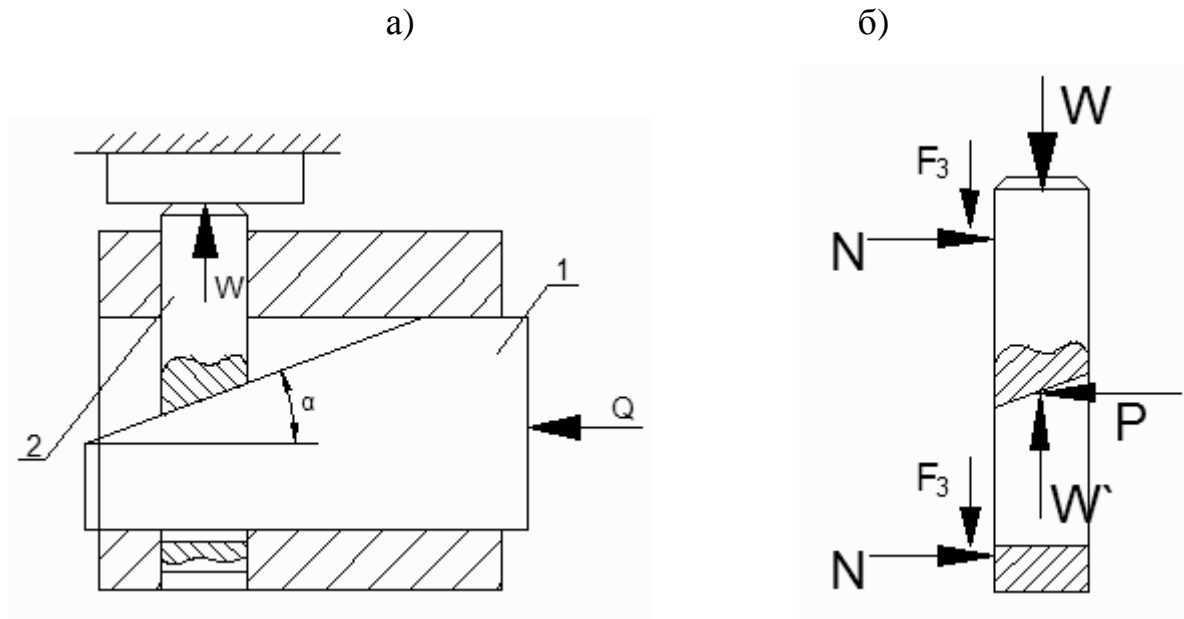


Рис. 4.78 - Схема клиноплунжерного механизма с двухопорным плунжером.

При применении двухопорного плунжера плунжер под действием силы  $P$  не перекашивается, а прижимается к одной стороне направляющих (рис. 4.78,б). При его перемещении будет возникать сила трения  $F_3 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_3$  и условия равновесия плунжера можно записать:

$$\begin{aligned} -W + W' - 2F_3 &= 0; \\ -W + W' - P \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 &= 0; \end{aligned} \quad (9)$$

Подставив  $P$  из (2), имеем:

$$-W + W' - W' \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 0 \quad (10)$$

откуда:

$$W' = \frac{W}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}; \quad (11)$$

Приравнявая выражения (1) и (11), получим:

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}. \quad (12)$$

В формулах (8) и (12) дроби в правой части представляют собой передаточные отношения  $i$  рассматриваемых механизмов.

Для уменьшения потерь на трение клиноплунжерные механизмы, также как и механизмы с односкосым клином, выполняются с роликами (одним или двумя), что приводит к замене трения скольжения трением качения.

#### **4.6.1.6 Эксцентрикковые зажимы**

Они являются самыми быстродействующими из всех ручных зажимных механизмов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами. Эксцентрики работают по принципу клина.

Применяются две конструктивных разновидности эксцентриков – круговые и криволинейные. Круговые эксцентрики представляют собой диск или валик со смещённой осью вращения. Они получили наибольшее распространение, так как просты в изготовлении. У криволинейных эксцентриков профиль очерчен по архимедовой или логарифмической спирали.

Эксцентрики рекомендуются изготавливать из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой HRC 55...60.

Недостатки эксцентрикковых зажимов:

- Малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета.
- Непостоянство силы зажима в партии заготовок при закреплении круговым эксцентриком.
- Повышенная утомляемость рабочего, обусловленная свойством.
- Неприменимость при наличии ударной работы или работе с вибрациями из-за опасности самооткрепления.

Несмотря на эти недостатки, эксцентрикковые зажимы широко применяются в приспособлениях, особенно для мелкосерийного и серийного производства. Это объясняется простотой конструкции, невысокой стоимостью изготовления и высокой их производительностью.

Непостоянство силы зажима кругового эксцентрика связано с неравномерностью угла подъёма криволинейного клина. Круговой эксцентрик удовлетворительно зажимает заготовку при рабочих углах поворота

$\beta=30\dots130^\circ$ . Даже при таких углах поворота сила зажима колеблется по величине на 20...25%.

Практикой установлено, что хорошо работают эксцентрики, у которых  $R/e \geq 7$ . Они обеспечивают достаточный ход при угле поворота  $\beta$  в пределах  $135^\circ$  и обеспечивают самоторможение эксцентрика.

Криволинейные эксцентрики обеспечивают постоянство силы зажима, так как угол подъёма у них постоянный. Но эти эксцентрики сложны в изготовлении и поэтому применение их ограничено.

#### 4.6.1.7 Расчёт силы зажима

Силу зажима круговым эксцентриком с достаточной для практических расчётов точностью можно определить, заменив действие эксцентрика действием плоского односкосого клина с углом  $\alpha$  в зазоре между цапфой и поверхностью заготовки. Схема такой замены и сил, действующих на эксцентрик и фиктивный клин, приведены на рис 4.79.

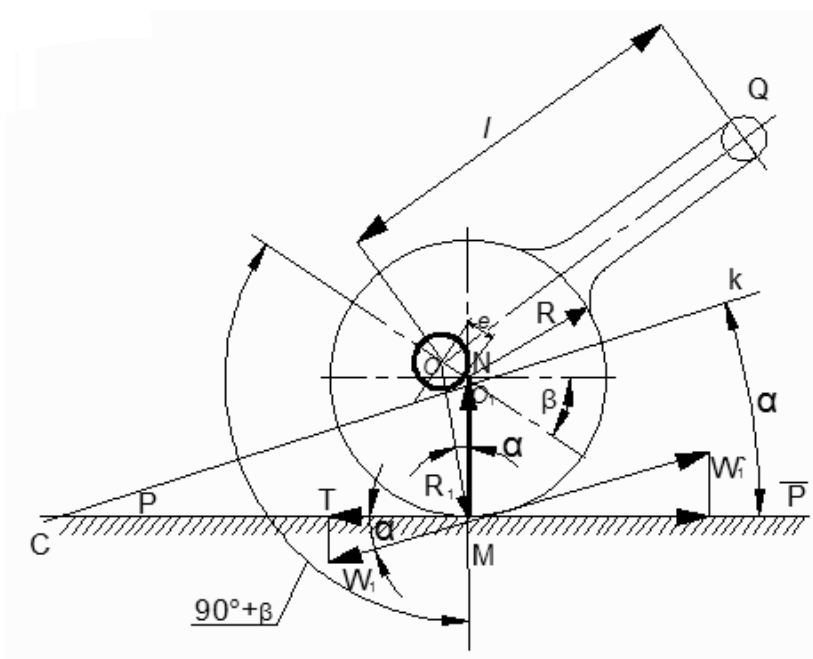


Рис. 4.79 - Схема сил, действующих на эксцентрик и фиктивный клин

На схеме сила  $W_1$  - сила, действующая на плоскость зажима PP под углом  $\alpha$ . Вдоль плоскости зажима действует сила  $T=W_1 \cdot \cos \alpha$ . Эту силу можно



рассматривать как внешнюю, действующую на клин КСР с углом  $\alpha$ . Используя формулу для расчёта плоского односкосого клина, можно записать:

$$W = \frac{T}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{W_1 \cos \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}; \quad (1)$$

Силу  $W_1$  можно определить, рассмотрев равновесие эксцентрика:

$$Ql - W_1 R_1 = 0;$$

Так как  $|W_1| = |W_1|$ , то  $W_1 = \frac{Ql}{R_1}$ .

Подставим значение  $W_1$  в формулу (1) и опустим  $\cos \alpha$  как величину близкую к единице при малых углах  $\alpha$ :

$$W = Q \frac{l}{R_1 [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]}; \quad (2)$$

где  $R_1$  и  $\alpha$  – переменные величины.

Для пользования этой формулой необходимо определить угол  $\alpha$  и радиус  $R_1$ . Рассмотрим прямоугольный треугольник MNO:

$$\frac{ON}{MN} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$ON = e \cdot \cos \beta,$$

где  $e$  – эксцентриситет;

$\beta$  – характеризует угол поворота эксцентрика ( $\beta + 90^\circ$ ).

Откуда  $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{e \cdot \cos \beta}{R + e \cdot \sin \beta};$

так как  $MN = O_1N + O_1M = e \cdot \sin \beta + R;$

$$R_1 = OM = \frac{MN}{\cos \alpha} = \frac{R + e \cdot \sin \beta}{\cos \alpha}.$$

Таким образом, и угол  $\alpha$ , и радиус  $R_1$  зависят от угла поворота эксцентрика.

#### 4.6.1.8 Расчет основных размеров кругового эксцентрика

Исходными данными для расчета являются:

$R$  – радиус эксцентрика.

$e$  – эксцентриситет.

$B$  – ширина рабочей части.

$r$  – радиус цапфы.

$\delta$  – допуск на размер заготовки от ее установочной базы до места приложения сил закрепления, мм.

$\beta$  – угол поворота эксцентрика от нулевого (начального) положения.

$W$  – сила закрепления заготовки, Н.

Если угол поворота эксцентрика не ограничен, то

$$2e = S_1 + \delta + S_2 + \frac{W}{I};$$

где  $S_1$  – зазор для свободного ввода заготовки под эксцентрик;

$S_2$  – запас хода эксцентрика, предохраняющий его от перехода через мертвую точку (учитывает износ эксцентрика);

$I$  – жесткость зажимного устройства, Н/мм.

Последний член формулы характеризует увеличение расстояния между эксцентриком и заготовкой в результате упругой деформации зажимной системы.

При  $S_1=0,2\dots0,4$  мм и  $S_2=0,4\dots0,6$  мм:

$$e = \frac{\delta}{2} + \frac{W}{2I} + (0,3 \dots 0,5) \text{ мм.}$$

Если угол поворота  $\beta$  значительно меньше  $180^\circ$ :

$$e = \frac{S_1 + \delta + \frac{W}{I}}{1 - \cos\beta}.$$

Радиус цапфы эксцентриситета (мм) находим, принимая ширину поворотной поверхности цапфы  $b$ :

$$r = \frac{W}{2b\sigma_{\text{см}}};$$

где  $\sigma_{\text{см}}$  – допускаемое напряжение на смятие (15...20 МПа).

При  $b=2r$

$$r = \sqrt{\frac{W}{4\sigma_{сш}}}$$

Радиус эксцентрика  $R$  находим из условий самоторможения. Из схемы действующих на эксцентрик сил (рис. 4.80) следует, что равнодействующая  $T$  реакции  $W$  и силы трения  $F$  должна быть равна реакции со стороны цапфы, проходящей касательно кругу трения радиуса  $\rho$ , и направлена противоположно ей.

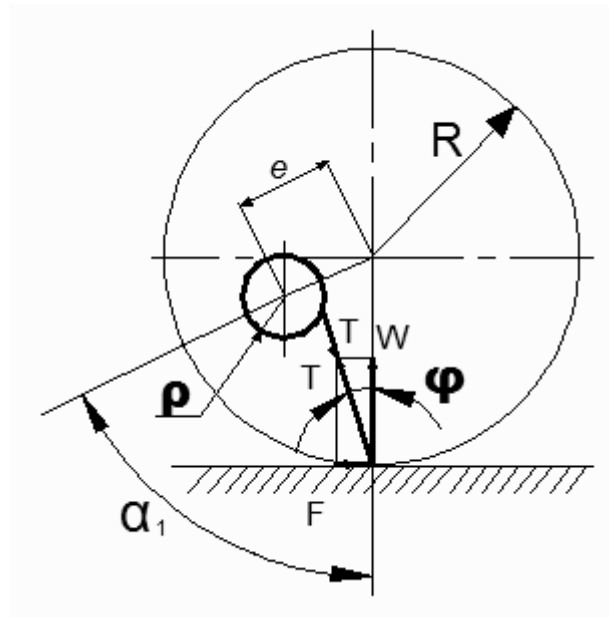


Рис. 4.80 - Схема действующих на эксцентрик сил.

Из треугольника сил имеем:

$$\frac{e-\rho}{R} = \sin\varphi;$$

где  $\varphi$  - угол трения покоя.

Отсюда

$$R = \frac{e-\rho}{\sin\varphi}.$$

При  $e \leq \rho$

$$R_{\min} = e + r + \Delta;$$

$\Delta$  - толщина перемычки.

Радиус  $\rho$  круга трения определяем из равенства  $\rho = f' r$ ; где  $f'$  - коэффициент трения покоя в цапфе.

Величины  $\varphi$  и  $f'$  следует брать по наименьшему пределу. Для полусухих поверхностей можно принимать  $\varphi=8^\circ$  и  $f'=0,12\dots0,15$ .

Угол поворота  $\beta_1$  для наименее выгодного положения эксцентрика найдем по формуле  $\beta_1=90^\circ-\varphi$ .

Ширину рабочей части эксцентрика  $B$  определим из формулы:

$$\sigma = 0,565 \sqrt{\frac{W}{RB \left( \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}};$$

где  $\sigma$  – допускаемое напряжение в месте контакта эксцентрика с заготовкой;

$E_1, E_2$  – модули упругости соответственно материала эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента, МПа;

$\mu_1, \mu_2$  – коэффициенты Пуассона для материалов эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента.

При  $E_1=E_2=E$  и  $\mu_1=\mu_2=0,25$  (сталь) получим:

$$\sigma = 0,41 \sqrt{\frac{WE}{RB}};$$

Откуда

$$B = 0,17 \frac{WE}{R\sigma^2}; \text{ (мм).}$$

Размеры эксцентрика  $e, r, R$  и  $B$  согласовываются с ГОСТ 9061-68.

#### **4.6.1.9 Расчет механизма с торцовым кулачком**

**(винтовым клином)**

На рисунке 4.81 представлена схема сил, действующих в механизме с торцовым кулачком. Такой механизм представляет собой комбинированный зажим, состоящий из рычажного с осью поворота  $OO$  и плечами  $r_{cp}$  и  $(l+r)$  и клинового с углом подъема  $\alpha$ .

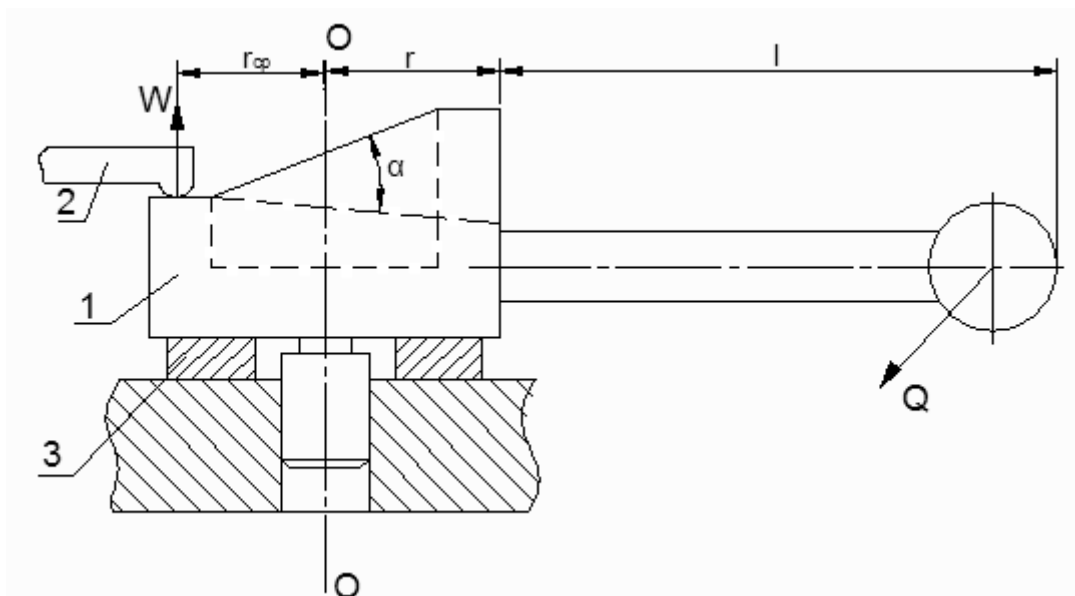


Рис. 4.81. Схема сил в механизме с торцовым кулачком.

Передаточное отношение  $i$  комбинированного механизма есть произведение передаточных отношений, входящих в него простых механизмов. Поэтому сила  $W$ , развиваемая таким механизмом, определяется по формуле:

$$W = Q \cdot i_{\text{рыч}} \cdot i_{\text{кл}};$$

где  $i_{\text{рыч}} = \frac{l+r}{r_{\text{ср}}}$  – передаточное отношение рычага;

$i_{\text{кл}} = \frac{1}{\text{tg}(\alpha+\varphi_1)+\text{tg}\varphi_2}$  – передаточное отношение плоского односкосого клина ( $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – углы трения скольжения в зонах контакта клина 1 с рычагом 2 и опорной шайбой 3, соответственно).

Таким образом

$$W = Q \frac{l+r}{r_{\text{ср}}} \frac{1}{\text{tg}(\alpha+\varphi_1)+\text{tg}\varphi_2}.$$

#### 4.6.1.10 Рычажные зажимы

Рычажные механизмы используются в виде двулучевого рычага в сочетании с различными силовыми источниками. При помощи рычага можно изменять величину и направление зажимной силы, а также осуществлять одновременное закрепление заготовки в двух местах.

Конструктивных разновидностей рычажных зажимов много, однако все они сводятся к трем принципиальным силовым схемам, приведенным на рисунке 4.82.

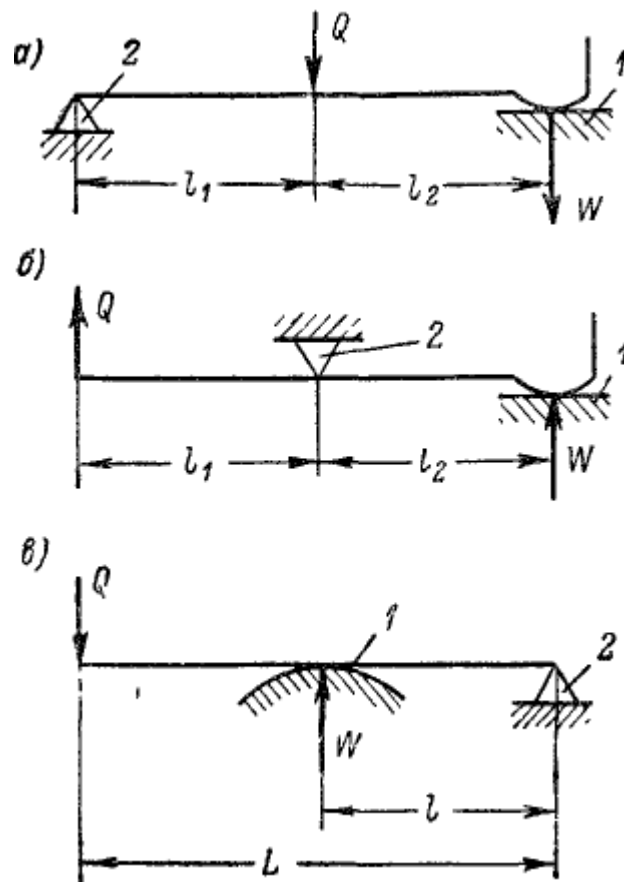


Рис. 4.82 - Схемы рычажных механизмов.

На данном рисунке приведены формулы расчета идеальных механизмов (без учета сил трения).

Анализ схем и формул показывает, что наибольший выигрыш в силе (наибольшее передаточное отношение) дает третья схема, однако в конструктивном отношении она громоздка, так как требует большого рабочего хода силового источника, а в эксплуатации неудобна, так как усложняет загрузку заготовки под рычаг. Вторая схема применяется в тех случаях, когда требуется изменить направление исходной силы. Первая схема дает наиболее компактную конструкцию, однако передаточное отношение ее всегда меньше единицы.

Рассмотрим пример расчета силы зажима рычагом с учетом сил трения. Схема сил, действующих на рычаг, приведена на рисунке 4.83.

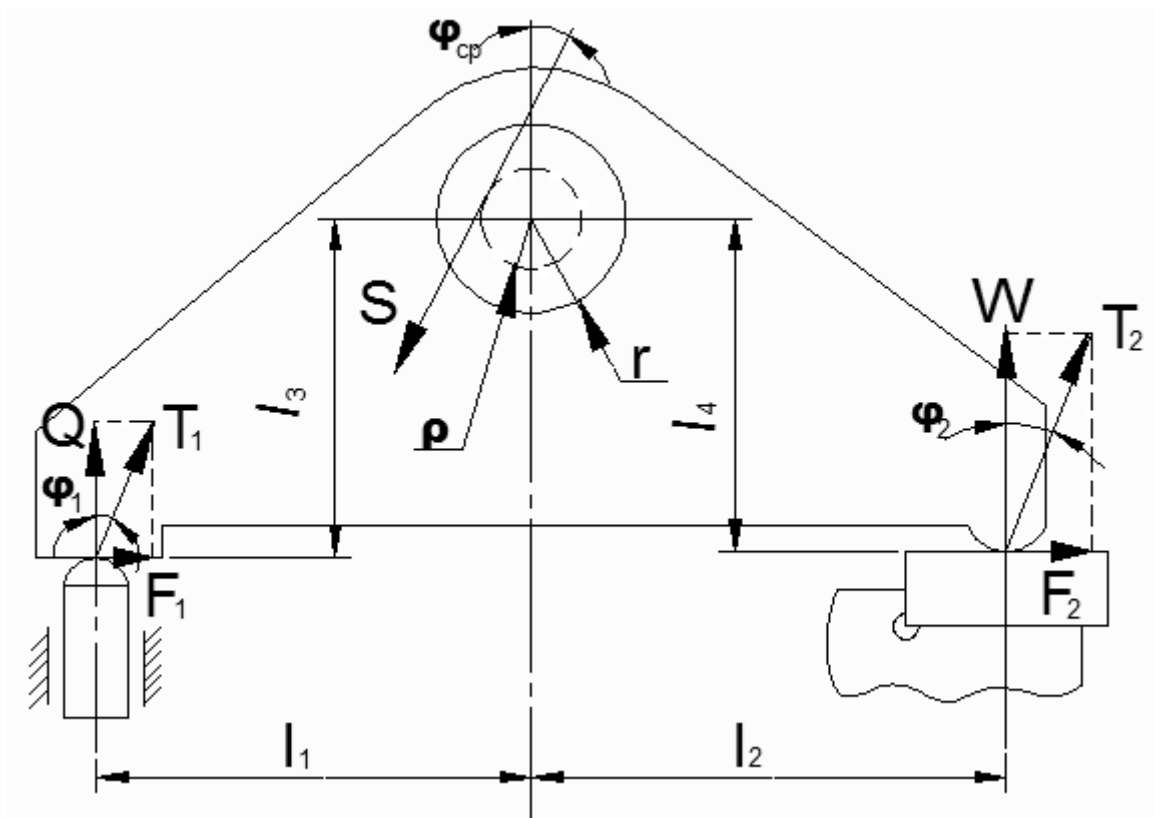


Рис. 4.83 - Схема сил, действующих на рычаг.

При закреплении рычагом возникают силы трения  $F_1$  и  $F_2$  на поверхностях контакта рычага со штоком привода и заготовкой. В цапфе рычага возникает реакция  $S$ , создающая на плече  $\rho=r \cdot f$  момент трения. Угол отклонения силы  $S$   $\varphi_{\text{ср}}$  с достаточной точностью можно принять равным среднему значению между  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2};$$

Величину силы  $S$  можно принять равной сумме  $T_1$  и  $T_2$ :

$$S = T_1 + T_2 = \frac{Q}{\cos \varphi_1} + \frac{W}{\cos \varphi_2} \cong \frac{W+Q}{\cos \varphi_{\text{ср}}}; \quad (1)$$

Из условия равновесия рычага имеем:

$$Ql_1 - F_1l_3 - S\rho - Wl_2 - F_2l_4 = 0; \quad (2)$$

$$\text{где } F_1 = Qtg\varphi_1; \quad F_2 = Wtg\varphi_2; \quad (3)$$

Подставим в (2) значение из (1) и (3):

$$Ql_1 - Ql_3 \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{W+Q}{\cos \varphi_{\text{ср}}} \rho - Wl_2 - Wl_4 \operatorname{tg} \varphi_2 = 0;$$

Откуда:

$$W = Q \frac{l_1 - l_3 \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi_{\text{ср}}}}{l_2 + l_4 \operatorname{tg} \varphi_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi_{\text{ср}}}}. \quad (4)$$

В формуле (4) дробь в правой части представляет передаточное отношение рычага с учетом потерь на трение. Как показали исследования, потери на трение в рычаге колеблются в зависимости от диаметра цапфы оси качания от 1,5 до 6%. Поэтому в практике для расчетов пользуются формулой:

$$W = Q \frac{l_1}{l_2} \eta; \quad (5)$$

где  $\eta = 0,94 \dots 0,98$  = КПД рычага.

#### **4.6.1.11 Рычажно-шарнирные механизмы**

По конструкции эти механизмы делятся на однорычажные и двухрычажные. Двухрычажные могут быть одностороннего и двухстороннего действия.

Рычажно-шарнирные механизмы используются как быстродействующие ручные зажимы или как усилители в механизированных приводах.

#### **4.6.1.12 Однорычажные шарнирные механизмы**

Принципиальная схема однорычажного механизма приведена на рисунке 4.84.



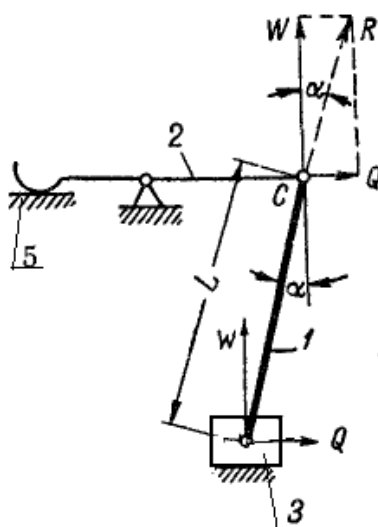


Рис. 4.84 - Принципиальная схема однорычажного шарнирного механизма.

Он состоит из рычага 1, шарнирно соединенного с ползуном 3 и обычным двуплечим рычагом 2, который зажимает заготовку 5. Рычаг 1 образует с направлением силы  $W$  угол  $\alpha$ .

В идеальном механизме (когда силы трения отсутствуют) равнодействующая  $R$  сил  $Q$  и  $W$  на ползуне передается вдоль оси рычага 1. В точке  $C$  можно разложить ее на составляющие  $Q$  и  $W$ , связь между которыми описывается уравнением:

$$W = Q \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (1)$$

В реальном механизме возникают силы трения в шарнирах и в направляющих ползуна 3. Тогда для реального механизма уравнение (1) запишется в следующем виде:

$$W = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi}; \quad (2)$$

где  $\beta$  – угол, учитывающий потери на трение в шарнирах;

$\varphi$  – угол трения в направляющих ползуна.

Определим величину угла  $\beta$ .

Из центров отверстий радиусом  $\rho = r \cdot f$  описаны две окружности трения (штрихпунктирные линии), где  $f$  – коэффициент трения в шарнирах. К этим

кругам проведена касательная  $aa$ , а угол между этой касательной и линией центров шарниров и есть искомый угол  $\beta$  (рис. 4.85).

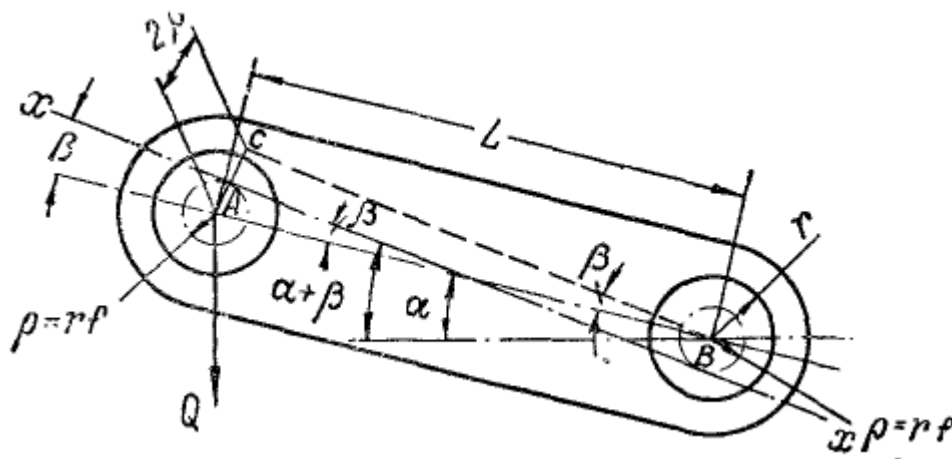


Рис. 4.85 - Схема к расчету угла  $\beta$ .

Для определения угла  $\beta$  через центр верхнего шарнира проведена прямая  $CB$ , параллельная касательной  $aa$ . В прямоугольном треугольнике  $ACB$  катет  $AB$  равен радиусам трения и тогда:

$$\sin\beta = \frac{AB}{AC} = \frac{2\rho}{l} = \frac{2rf}{l} = \frac{d}{l}f;$$

где  $d$  – диаметр шарнира.

Откуда:

$$\beta = \arcsin \frac{d}{l}f.$$

Анализ формулы (2) показывает, что она по структуре аналогична формуле для плоского односкосого клина. Угол  $\alpha$  для рычажно-шарнирного механизма не является постоянным. Колебание его величины зависит от колебания размеров заготовки. В связи с этим сила зажима тоже постоянна. С уменьшением угла  $\alpha$  силы зажима  $W$  увеличивается. Однако уменьшение  $\alpha$  ведет за собой уменьшение хода зажимного механизма, так как ход равен:

$$S = l(1 - \cos\alpha).$$

Для уменьшения потерь на трение в направляющих ползуна он может быть заменен роликом, катящимся на поверхности корпуса.

Рычажно-шарнирный механизм может быть выполнен с консольным плунжером вместо рычага 2 (рис. 4.86).

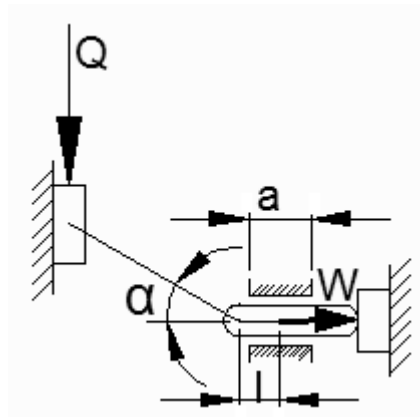


Рис. 4.86 - Схема рычажно-шарнирного механизма с консольным плунжером.

В этом случае в формуле (2) необходимо учесть потери на трение в направляющих плунжера аналогично тому, как это сделано нами для клиноплунжерного механизма:

$$W = Q \left( \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi} - \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_3 \right);$$

где  $l$  – расстояние от шарнира до оси проворота плунжера (середины направляющих);

$\varphi_3$  - угол трения в направляющих плунжера;

$a$  – ширина направляющих плунжера.

#### 4.6.1.13 Двухрычажные шарнирные механизмы

Принципиальные схемы двухрычажных шарнирных механизмов приведены на рис. 4.87.

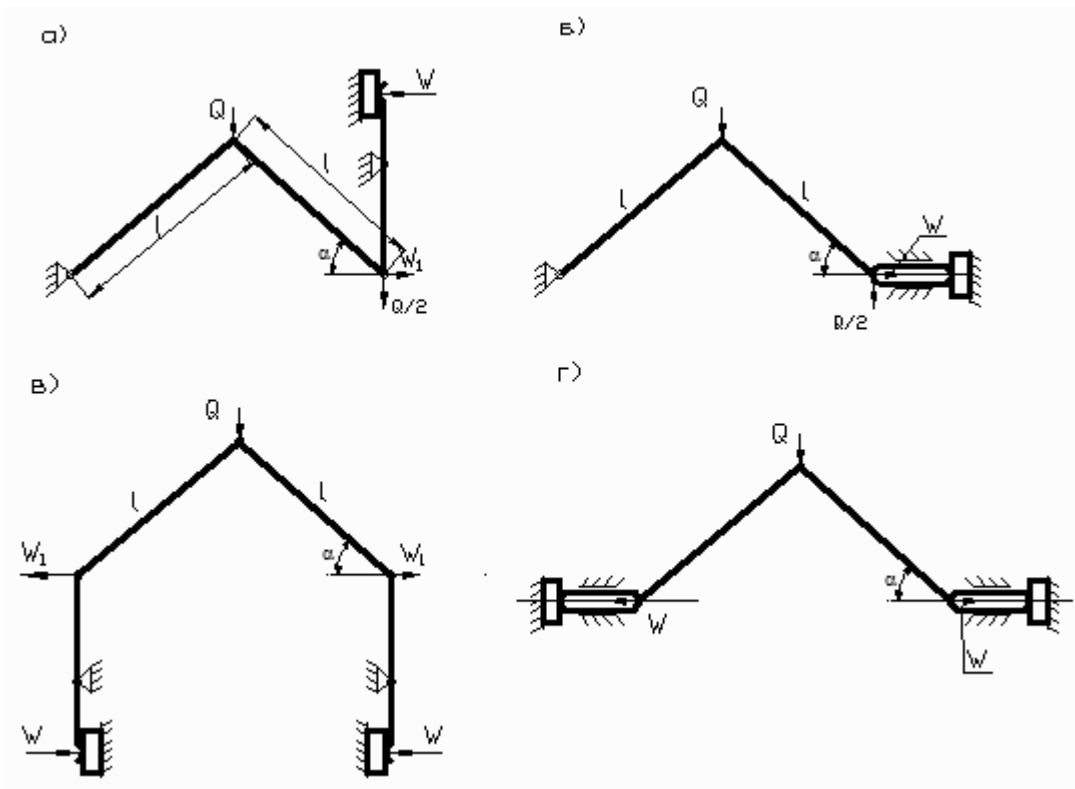


Рис. 4.87 - Схемы двухрычажных шарнирных механизмов.

Двухрычажные механизмы одностороннего действия (рис. 4.87. а, б) отличаются от однорычажных тем, что исходная сила  $Q$  поровну делится между двумя рычагами. Поэтому такие механизмы дают вдвое меньшую зажимную силу по сравнению с однорычажными. Но двухрычажные механизмы обладают вдвое большим ходом.

Для механизмов без плунжера (рис. 4.87 а, в) силу зажима можно рассчитать по формуле:

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

где  $\beta$  – угол, учитывающий потери на трение в шарнирах.

Для механизмов с плунжером (рис. 4.87 б, г):

$$W = \frac{Q}{2} \left( \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} - \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_3 \right);$$

Для механизмов рис. 4.87 а, б запас хода равен:

$$S = 2l (1 - \cos \alpha).$$

Для механизмов рис. 4.87 в, г суммарный запас хода равен:

$$S_{\text{сум}} = 2l(1 - \cos\alpha).$$

#### 4.6.1.14 Пружинные зажимы

Эти зажимы позволяют закрепить заготовку в приспособлении за счет упругих свойств обычных цилиндрических пружин. Они получили широкое распространение за счет простоты конструкции, быстроты действия и возможности автоматизации процесса зажима и открепления заготовок.

Применяются зажимы двух конструктивных разновидностей:

- без сжатия пружины для съема заготовки (рис. 4.88);
- с дополнительным сжатием пружины при откреплении (рис. 4.89).

На рис. 4.88 представлены схема закрепления заготовки на сверлильном станке.

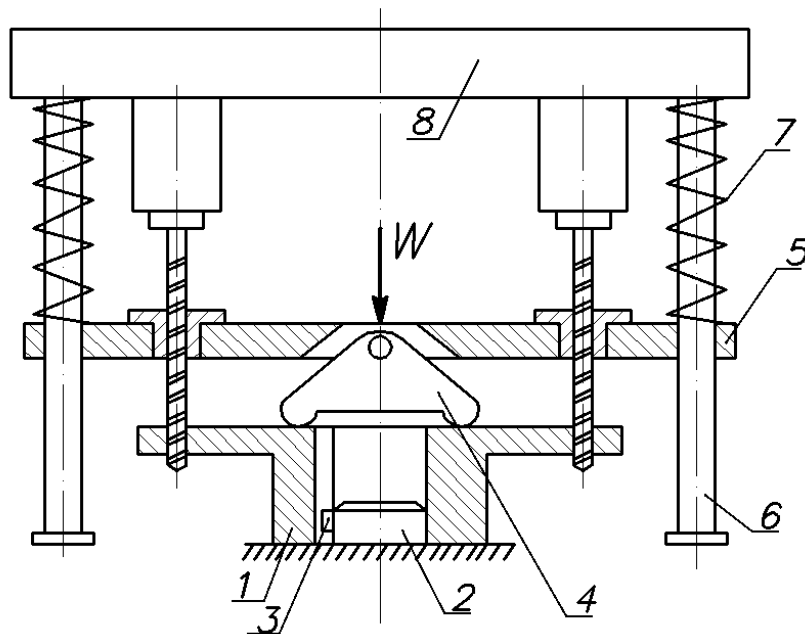


Рис. 4.88 - Схема сверлильного приспособления с пружинным зажимом.

Заготовка 1 устанавливается на штырь 2 и базируется по торцу. От проворота фиксируется шпонкой 3. Кондукторная плита 5 с прижимом-качалкой 4 подвешена к двухшпindelной головке 8 на двух скалках 6. На скалках одеты пружины 7. При перемещении головки вниз (подача сверла) кондукторная плита упирается прижимом 4 в заготовку и останавливается. При дальнейшем перемещении головки сжимаются пружины 7 и прижимают

заготовку 1с заданной силой  $W$ . После этого вступают в работу сверла. При обратном ходе головки сначала выводятся из отверстий сверла, а затем поднимается и плита, освобождая заготовку. Таким образом, открепление заготовки не требует дополнительной деформации пружин.

Механизм с дополнительным сжатием пружины при откреплении изображен на рисунке 4.89.

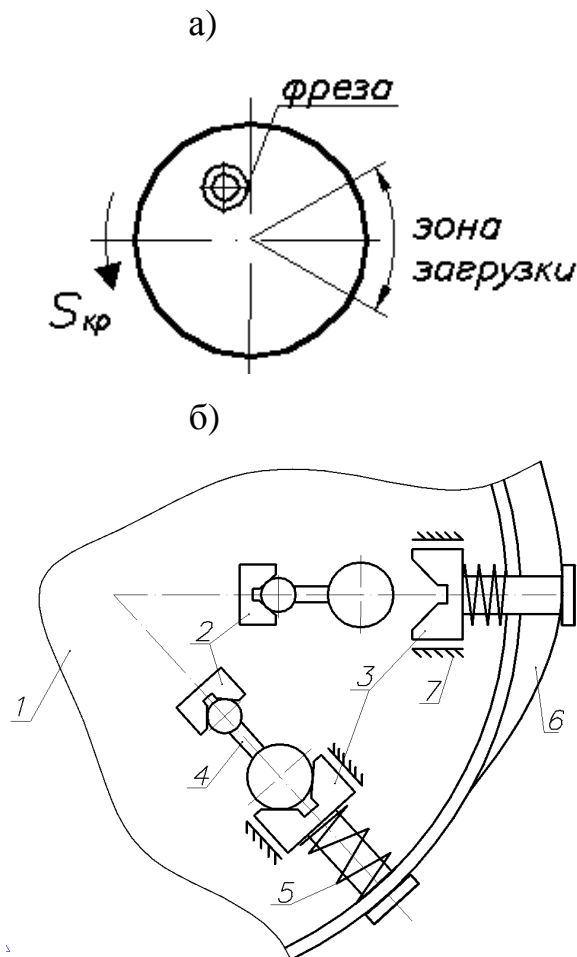


Рис. 4.89 - Схема приспособления для крепления заготовок на вращающемся столе 1 карусельно-фрезерного станка с автоматизированным зажимом.

Приспособление состоит из неподвижной призмы 2 и подвижной призмы 3, которая зажимает заготовку 4 за счет упругих сил пружины 5. В зоне загрузки расположен неподвижный кулачок 6, с которым взаимодействует бурт хвостовика подвижной призмы. В зоне загрузки призма 3 автоматически

отводится кулачком от заготовки, дополнительно сжимая пружину 5. В это время происходит съём детали и загрузка заготовки.

При дальнейшем повороте стола бурт призмы сходит с кулачка и призма зажимает заготовку. Сила зажима такого механизма определяется из формулы осадки цилиндрических пружин сжатия под действие силы:

$$f = \frac{64Wr^3i}{Gd^4};$$

Откуда:

$$W = \frac{fd^4G}{64r^3i};$$

где  $f$  – осадка пружины, мм.

$d$  – диаметр проволоки пружины, мм.

$G$  – модуль Юнга (модуль сдвига материала пружины, для стали  $G=8000$  кгс/мм<sup>2</sup>);

$r$  – средний радиус витка пружины, мм.

$i$  – число витков пружины.

В связи с широким применением пружин наиболее ходовые размеры их нормализованы. В практике конструирования приспособлений пружины, как правило, подбираются по нормам и проверяются на осадку и силу сжатия.

#### **4.6.2 Многократные многозвенные зажимы**

Эти механизмы имеют ведомые звенья в виде прихватов или плунжеров и приводятся в действие от одного силового источника и зажимают несколько деталей или одну деталь в нескольких точках одновременно. Применение таких зажимов позволяет сократить вспомогательное время на операции. Основным требованием, предъявляемым к многократным зажимам, является равенство зажимных сил.

Для того, чтобы обеспечить это требование, ведомые звенья механизма должны составлять сблокированную «плавающую» систему, развивающую силу зажима независимо от колебаний размеров заготовок.

По направлению сил зажима механизмы можно разделить на следующие группы:

1) последовательного действия, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (закрепление пакета заготовок);

2) параллельного действия, зажимающие детали в нескольких параллельных направлениях;

2) со встречными силами зажима;

4) с пересекающимся направлением сил;

5) комбинированные механизмы, представляющие собой соединение нескольких многозвенных механизмов.

Наибольшее применение получили двухзвенные механизмы.

На рисунке 4.90 представлены схемы механизмов последовательного действия.

В этих механизмах сила зажима последовательно передается от заготовки к заготовке, причем исходная сила  $Q$  рассчитывается таким образом, чтобы последняя заготовка закреплялась с расчетной силой  $W$ . Предыдущие заготовки будут закрепляться с несколько большими силами.

На рис. 4.91. представлены многозвенные механизмы параллельного действия.

Механизм (рис. 4.91, а) прост и надежен в работе, но при большом количестве заготовок оказывается громоздким.

Этот механизм (рис. 4.91, б) компактен. Под действием силы  $Q$  система подвижных клиньев 1, 2, 3 и плунжеров 4 перемещается до тех пор, пока все плунжеры не зажмут заготовки.

а)



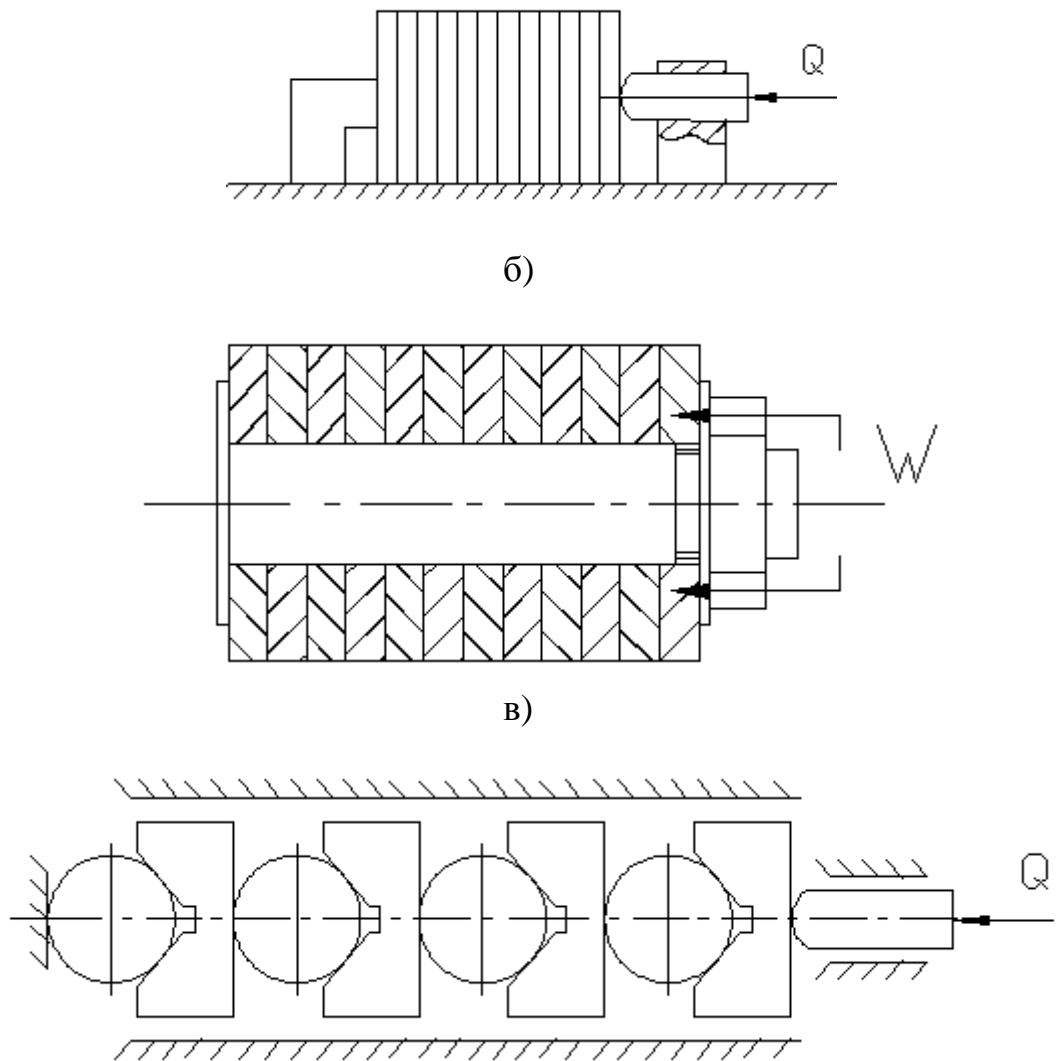


Рис. 4.90 - Схемы зажимных механизмов последовательного действия: а – зажим пакета заготовок в тисках; б – зажим пакета заготовок на оправке; в – зажим заготовок в призмах.

Недостатки:

- низкий КПД;
- при одинаковых углах клиньев силы зажима  $W$  не одинаковы из-за потерь на трение;
- для выравнивания  $W$  углы клиньев нужно делать разные, что усложняет изготовление.

Этих недостатков лишены зажимы с гидропластом (рис. 4.91, в).

Если в замкнутую полость приспособления поместить минеральное масло или пластическую массу (гидропластмассу) и воздействовать на них внешней силой, то возникает гидростатическое давление, которое по закону Паскаля равномерно передается на все стенки полости. Это свойство жидких заполнителей используется при проектировании двух групп приспособлений:

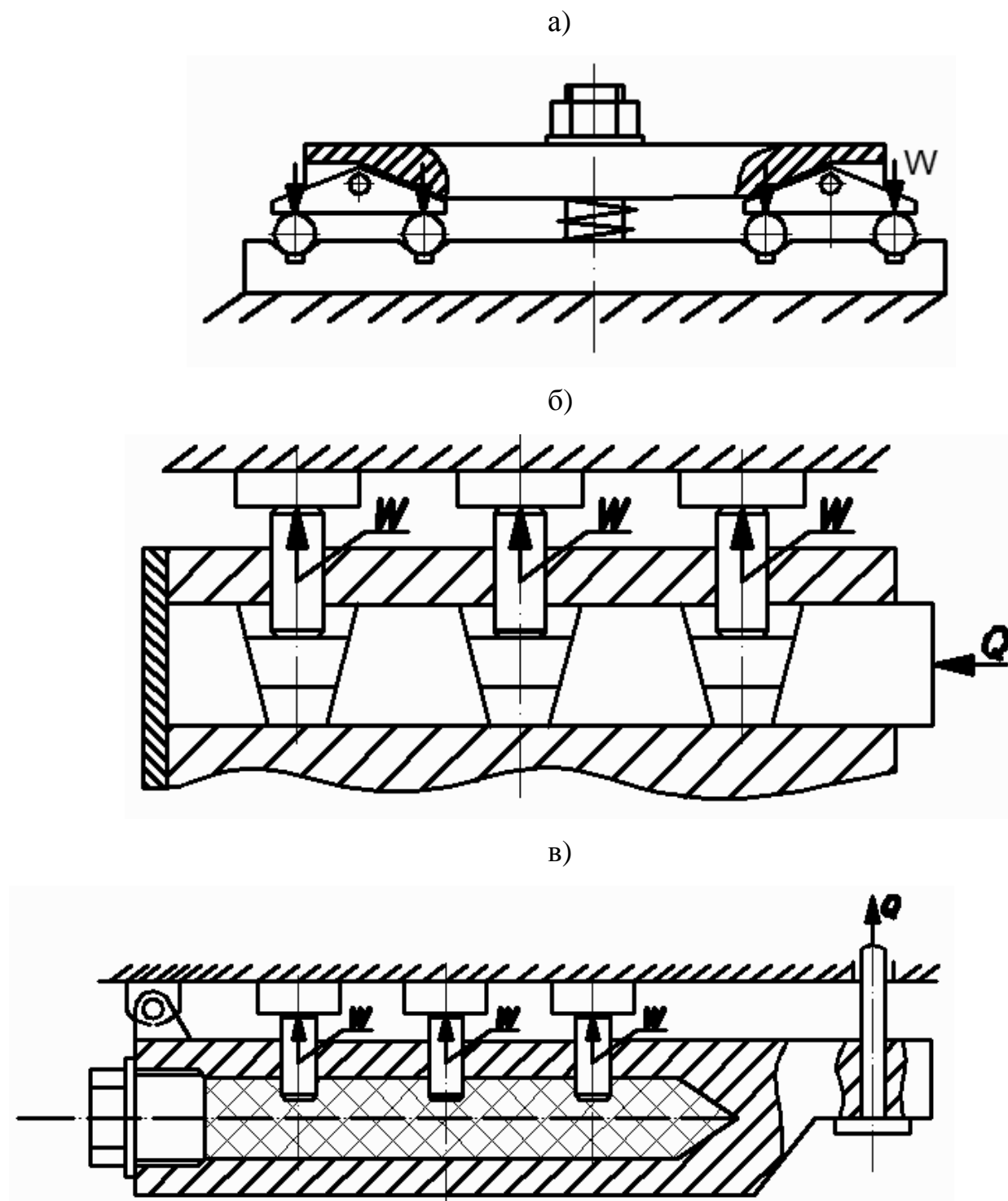


Рис. 4.91 - Многосвязные механизмы параллельного действия.

1) многозвенных, в которых гидростатическое давление передается системе скользящих плунжеров;

2) самоцентрирующих, с упругой оболочкой в виде тонкостенной втулки; радиальная упругая деформация втулки обеспечивает точное центрирование и зажим обрабатываемой детали.

Несамоцентрирующие многозвенные механизмы с гидропластмассой можно разделить тоже на две группы:

1) механизмы, корпус которых при закреплении и раскреплении деталей перемещается или откидывается на шарнире вместе с рабочими плунжерами (рис. 4.91, в);

2) механизмы с неподвижным корпусом, рабочие плунжеры которых должны иметь устройства для их перемещения при зажиме и раскреплении (рис. 4.92).

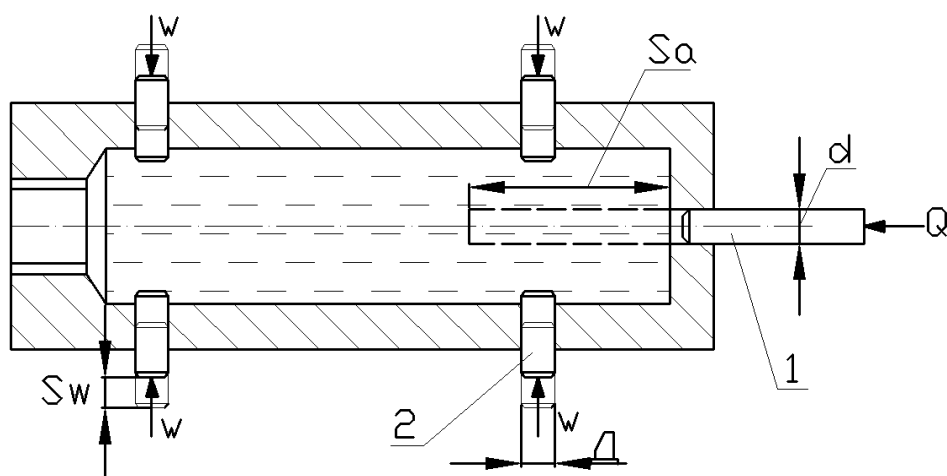


Рис. 4.92 - Механизмы с неподвижным корпусом.

Механизмы с подвижным корпусом выполняются в форму ползунов, откидных планок, губок тисков и т. п., в полости которых помещены гидропластмасса и цилиндрические плунжеры.

Механизмы с неподвижным корпусом имеют встроенный силовой узел для перемещения плунжеров.

Жидкие заполнители под высоким давлением (300 и более атм.) легко проникают в зазоры подвижных сопряжений и требуют надежных уплотнений. Поэтому получили применение гидропластмассы, удовлетворяющие двум основным требованиям:

- не просачиваться в зазоры сопряжений, где не предусмотрены специальные уплотняющие устройства;
- равномерно, без заметных потерь на трение передавать давления на значительные расстояния.

В станочных приспособлениях преимущественно используются три марки гидропластмасс: СМ, ДМ и МАТИ-1-4, представляющие собой соединения ряда химических элементов.

Основой массы является полихлоривонная смола. Она придает ей механическую прочность и большую вязкость.

Дибутилфталат является пластификатором.

Стеарат кальция применяется в качестве стабилизатора и представляет собой нерастворимое в воде кальциевое мыло.

Гидропластмасса СМ плавится при  $t^0=140^0$  С, а превращается в студень (гель) при  $120^0$  С. Она может работать в температурном режиме от 5 до  $60^0$  С; при  $t$  ниже  $5^0$  С масса твердеет и становится непригодной для эксплуатации. Гидропластмасса ДМ работает при  $t$  от 20 до  $40^0$ .

Расчет силы зажима и перемещений плунжеров ведут в такой последовательности.

После зажима в замкнутой полости механизма создается гидростатическое давление  $p$  (кгс/см<sup>2</sup>) и все звенья находятся в равновесии.

Из условия равновесия нажимного плунжера 1 (рис. 4.92):

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} p; \quad (1)$$

а каждого рабочего плунжера 2:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} p; \quad (2)$$

Поделив эти два уравнения, получим:

$$\frac{W}{Q} = \left(\frac{D}{d}\right)^2; \quad (3)$$

Отсюда, с учетом потерь на трение:

$$W = Q \left(\frac{D}{d}\right)^2 \eta; \quad (4)$$

где  $\eta=0,9\dots0,95$  – КПД;

$D$  – диаметр рабочего плунжера;

$d$  – диаметр нажимного плунжера.

При наличии на плунжерах возвратных пружин, формула (4) принимает вид:

$$W = Q \left(\frac{D}{d}\right)^2 \eta - P; \quad (5)$$

где  $P$  – сопротивление пружин.

Зависимость перемещений определяется из условия равенства объемов, образуемых перемещающимися нажимным и рабочими плунжерами:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} S_Q = \frac{\pi D^2}{4} S_W n; \quad (6)$$

Отсюда:

$$S_Q = S_W n \left(\frac{D}{d}\right)^2;$$

где  $S_Q$  – перемещение нажимного плунжера;

$S_W$  – перемещение рабочего плунжера;

$n$  – число рабочих плунжеров.

На рис. 4.93 пример механизма со встречными силами.

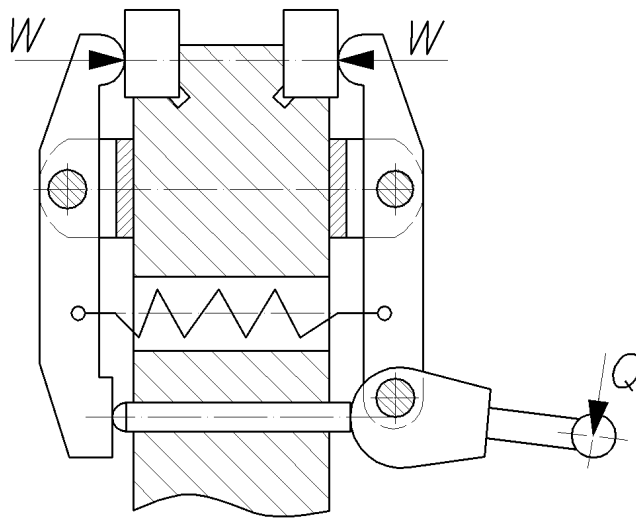


Рис. 4.93 - Многозвенный механизм со встречными силами.

Эксцентрик 1 через рычаги 2 и 3 и толкатель 6 зажимает заготовки с силами  $W$ . Пружина 5 возвращает рычаги в исходное положение при откреплении.

Принципиальная схема механизма с пересекающимися силами показана на рис. 4.94.

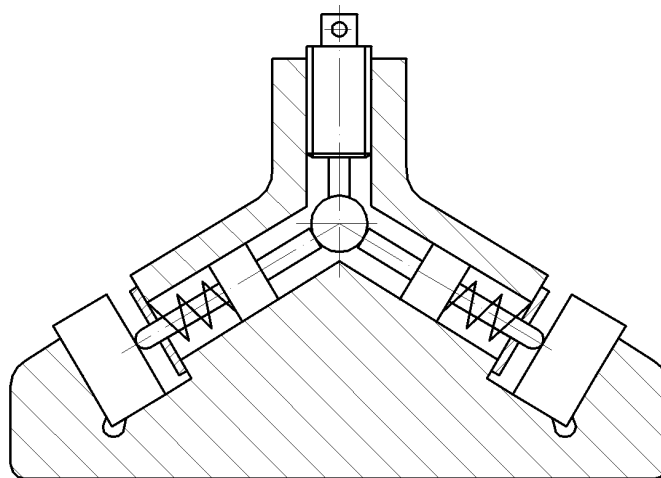


Рис. 4.94 - Двухзвенный механизм с пересекающимися силами зажима.

Винт 1 через шарик 2 одновременно нажимает на два плунжера 3 и зажимает две заготовки 4 силами  $W$ . Пружины 5 возвращают плунжеры в исходное положение при откреплении заготовок.

Комбинированные механизмы представляют собой соединение нескольких выше перечисленных механизмов.

При расчете сил зажима в таких механизмах исходная сила привода  $Q$  суммируется из сил зажима заготовок с учетом передаточного отношения механизма и его КПД.

#### ***4.6.3 Установочно-зажимные (самоцентрирующие) механизмы***

Механизмы, которые выполняют установочные и зажимные функции одновременно, называются установочно-зажимными и самоцентрирующими.

Самоцентрирующие механизмы позволяют установить заготовку по двум плоскостям симметрии или по геометрической оси детали.

Их применяют для повышения точности положения координатной системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке.

Особенности этого механизма заключаются в том, что как у зажимного его элементы должны быть подвижными, а как у установочного эти элементы должны передвигаться в направляющих, обеспечивающих минимальный люфт в направлении, перпендикулярном перемещению.

Самоцентрирующий механизм имеет несколько (не менее двух) установочно-зажимных элементов, перемещающихся в направлении зажима. Движение этих элементов взаимосвязано так, что они могут передвигаться к центру или от центра одновременно и с одинаковой скоростью.

В результате этого перемещения расстояние от центра до рабочих поверхностей всех элементов равны для любого момента перемещения. Центр, относительно которого перемещаются установочно-зажимные элементы, называется центром самоцентрирования. Относительно него и определяется положение заготовки, закрепляемой в самоцентрирующем устройстве.

Самоцентрирующие механизмы применяются в трех случаях:

1) Когда нужно обеспечить равномерность припуска, снимаемого на операции. Пример такого назначения приведен на рис. 4.95, а. При установке вала в патрон с двумя жесткими и одним подвижным (зажимным) кулачком в результате колебаний базового диаметра заготовки в пределах допуска ось заготовки  $O_1$  не совпадает с осью вращения (на величину погрешности базирования), а припуск при точении будет неравномерен в пределах от  $t_{\min}$  до  $t_{\max}$ . При использовании самоцентрирующего устройства ось вращения  $O$  становится одновременно и установочной базой заготовки, в результате чего снимается равномерный припуск  $t$ .

2) Когда необходимо распределить между двумя или несколькими размерами допуск на расстояние между их измерительными базами (рис. 4.95,б).

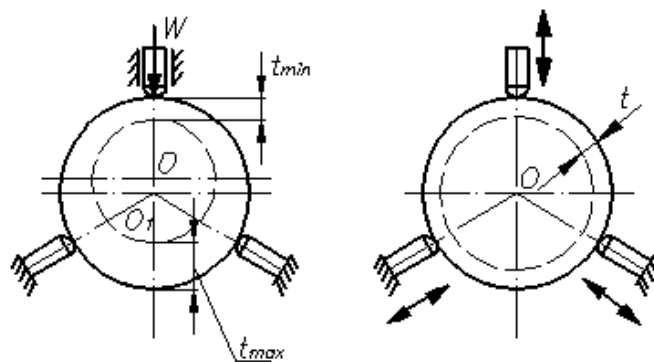
На операции одновременно выдерживаются размеры  $A$  и  $B$ . Если за установочную базу в этом направлении принять измерительную (конструкторскую) базу размера  $A$ , то погрешность базирования этого размера  $\varepsilon_{\delta A}=0$ , а погрешность базирования размера  $B$ :  $\varepsilon_{\delta B}=2C$ . Размер  $B$  будет очень неточен. При использовании самоцентрирующего механизма установочной базой станет середина размера  $C$ , а погрешности базирования будут равны  $\varepsilon_{\delta A}=\varepsilon_{\delta B}=C$ .

3) Когда на операции за установочную базу необходимо принять конструкторскую базу в виде оси или точки.

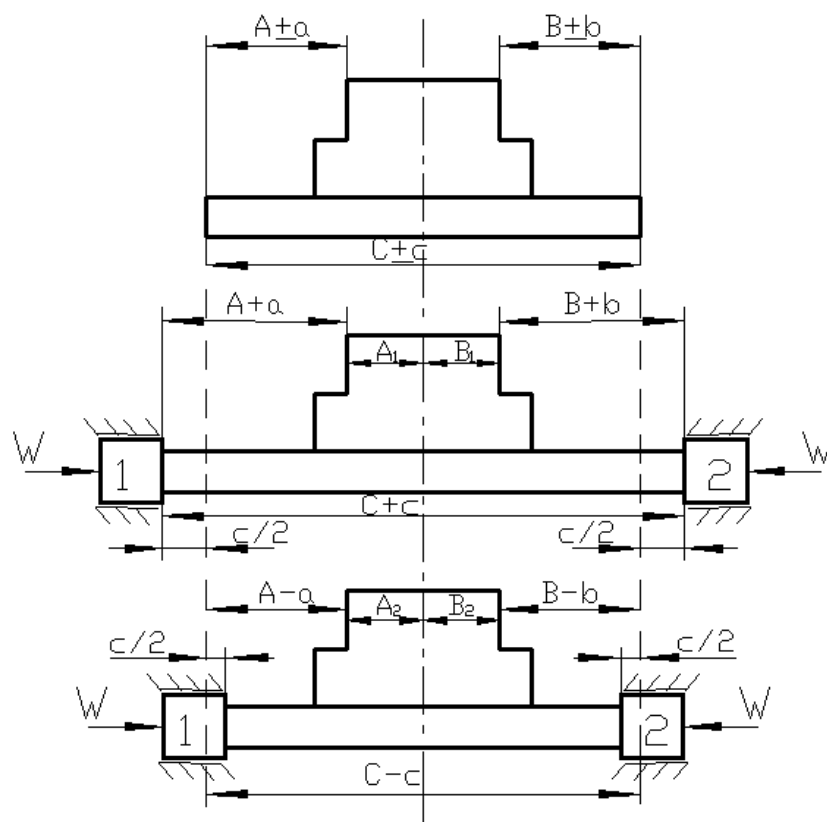
Пример такого назначения приведен на рис. 4.95, в. На операции необходимо обработать два отверстия, симметрично расположенных относительно центра детали  $O$ . Использование в качестве установочной базы любых поверхностей заготовки (а, следовательно, и жестких установочных элементов) неизбежно приводит к появлению погрешности базирования размера  $L$ . Применение же самоцентрирующего механизма позволяет использовать в качестве установочной базы точку  $O$  и тем самым свести к нулю погрешность базирования размера  $L$ .



a)



б)



В)

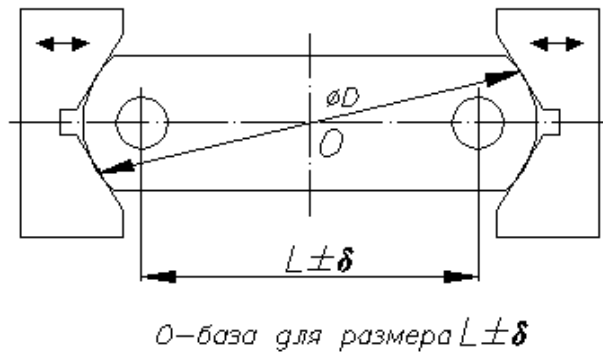


Рис. 4.95 - Схемы применения самоцентрирующих механизмов.

Все реальные самоцентрирующие устройства имеют погрешность установки, называемую погрешностью центрирования. Эта погрешность есть несовпадение осей базовой и обработанной поверхностей, а возникает она вследствие неточности изготовления механизма перемещения элементов и неточности установки его на станке. Таким образом, погрешность центрирования есть, по существу, погрешность положения.

Самоцентрирующие механизмы различаются между собой формой рабочей поверхности подвижных механизмов и конструкцией механизма, обеспечивающего взаимосвязанное их движение. По первому признаку различают призматические и кулачковые механизмы, а по второму признаку:

- винтовые;
- реечно-зубчатые;
- спирально-реечные;
- рычажные;
- клиновые (клиноплунжерные и клиношариковые);
- с упругодеформируемыми элементами (цанговые, мембранные, гидропластовые).

Границы применимости различных по конструкции механизмов определяются двумя их характеристиками – величиной присущей им погрешности центрирования и величиной создаваемой силы зажима.

### 4.6.3.1 Винтовой самоцентрирующий механизм

Винтовой самоцентрирующий механизм показан на рис. 4.96.

Две призмы перемещаются по точным направляющим корпуса. Перемещение осуществляется винтом, имеющим на одном конце правую, а на другом – левую резьбу одинакового диаметра. От осевого перемещения винт предохраняется сухарем (вилкой). При вращении винта призмы сходятся, осуществляя зажим заготовки, или расходятся, производя ее открепление. Такие механизмы должны иметь регулировочные устройства, позволяющие устанавливать призмы в правильное положение относительно вертикальной оси.

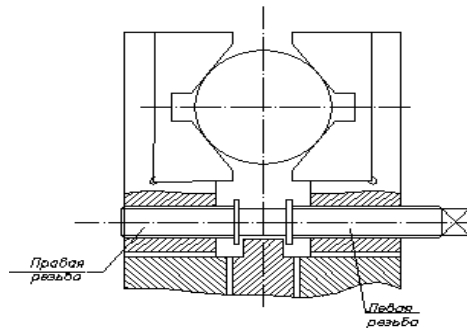


Рис. 4.96 - Винтовой самоцентрирующий механизм.

Такие механизмы имеют большую погрешность центрирования (0,3...0,5 мм). В то же время с помощью этого механизма можно создать большую силу зажима, легко скомпоновать с механизированным приводом, поэтому их широко применяют на черновых и получистовых операциях.

Силовой расчет ведется по формулам для винтовых зажимов.

### 4.6.3.2 Реечно-зубчатые механизмы

Реечно-зубчатые механизмы (рис. 4.97) используют в тисках вместо винтовых для обеспечения встречного перемещения призм. Такой механизм в силовой цепи обладает передаточным отношением  $i=1$ . Поэтому эти тиски используют на операциях, не требующих сил зажима, превосходящих силу на

штоке привода. Погрешность центрирования этих механизмов сопоставима с погрешностью винтовых механизмов.

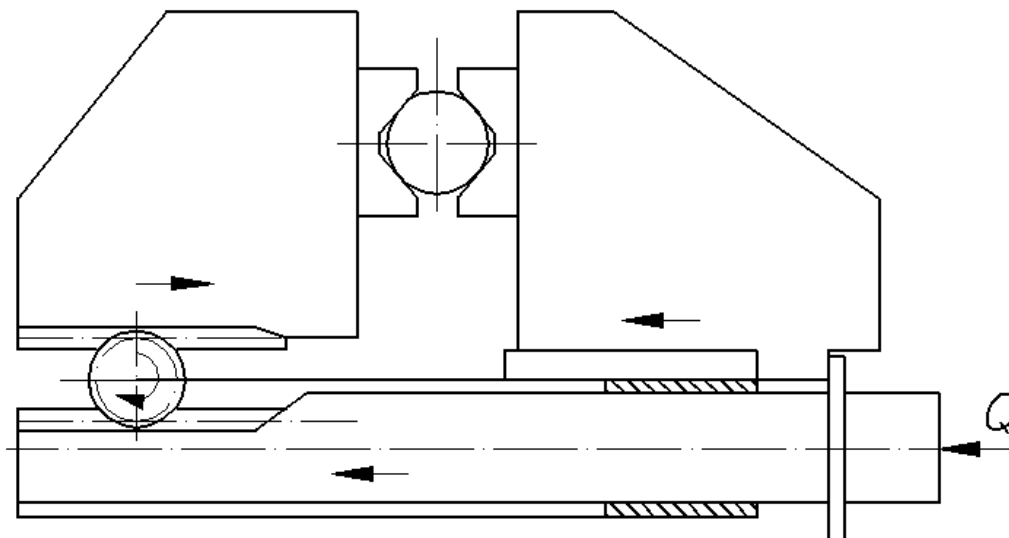


Рис. 4.97 - Тиски с реечно-зубчатым самоцентрирующим механизмом.

#### 4.6.3.3 Спирально-реечные механизмы

Спирально-реечные механизмы (рис. 4.98) используют для перемещения кулачков в токарных патронах. Конструкции таких патронов стандартизованы ГОСТ 2675-71.

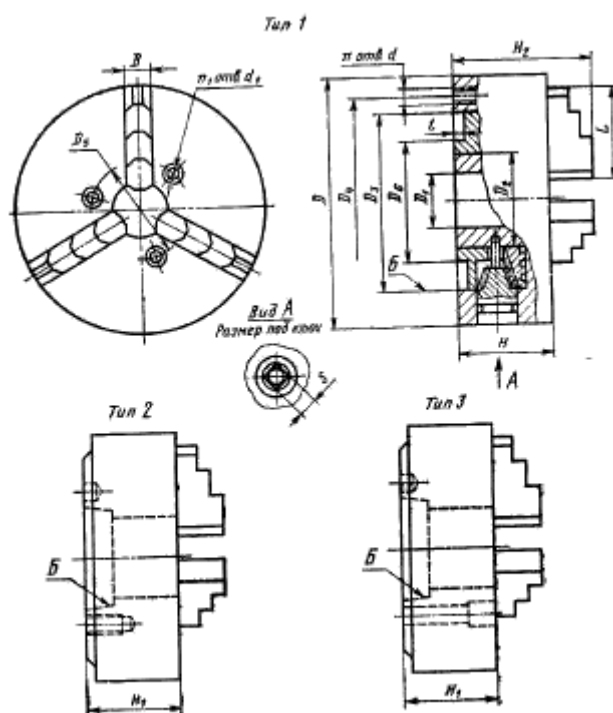


Рис. 4.98 - Спирально-реечный механизм трухкулачкового патрона.

#### 4.6.3.4 Рычажные механизмы

В рычажных центрирующих механизмах установочно-зажимными элементами являются сами рычаги, либо кулачки, которые получают перемещение от рычагов (рис. 4.99).

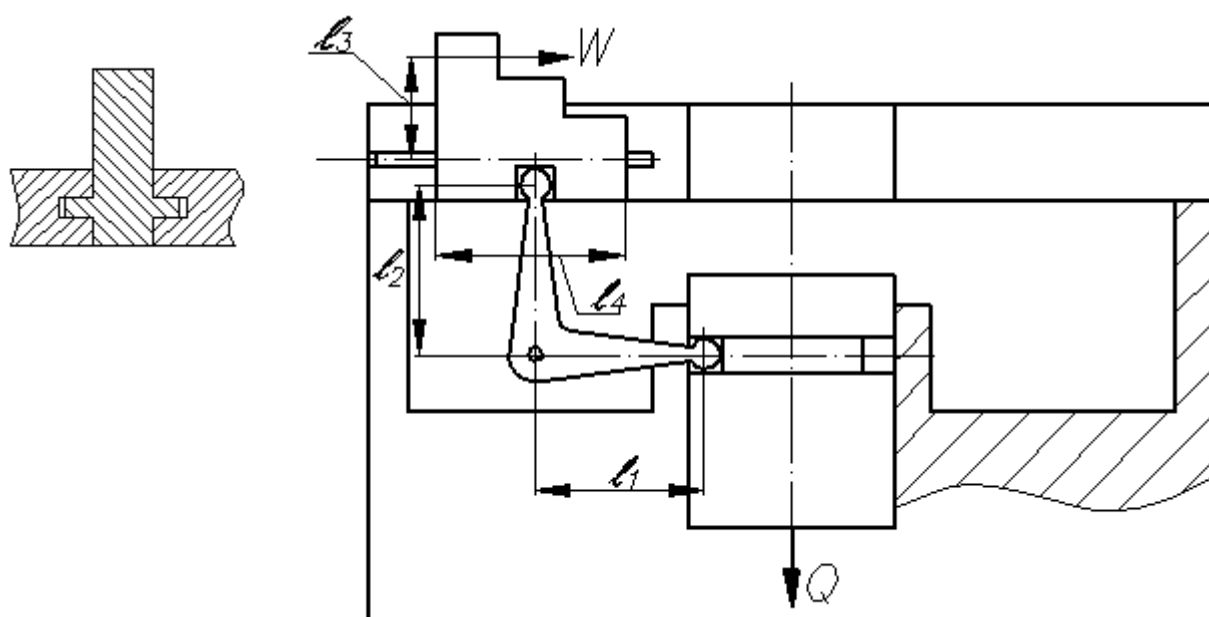


Рис. 4.99 - Рычажный самоцентрирующий патрон.

Расчет силы тяги производится по следующей формуле (для упрощения расчета считали, что передача всей зажимной силы производится одним кулачком):

$$W = Q \left( 1 - \frac{3l_2}{l_4} f_1 \right) \eta_{\text{рыч}} \frac{l_2}{l_1} ;$$

где выражение в скобках учитывает потери на трение в направляющих кулачков.

#### 4.6.3.5 Клиноплунжерные самоцентрирующие механизмы

Плунжером в приспособлениях принято называть призматическую или цилиндрическую деталь, принудительно перемещаемую по точному пазу или

отверстию. Перемещение производится чаще всего при помощи клина, а возврат в исходное положение пружиной.

Клиноплунжерные механизмы часто используют в патронах для токарной обработки при центрировании как по внутренней, так и по наружной цилиндрическим поверхностям (рис. 4.100).

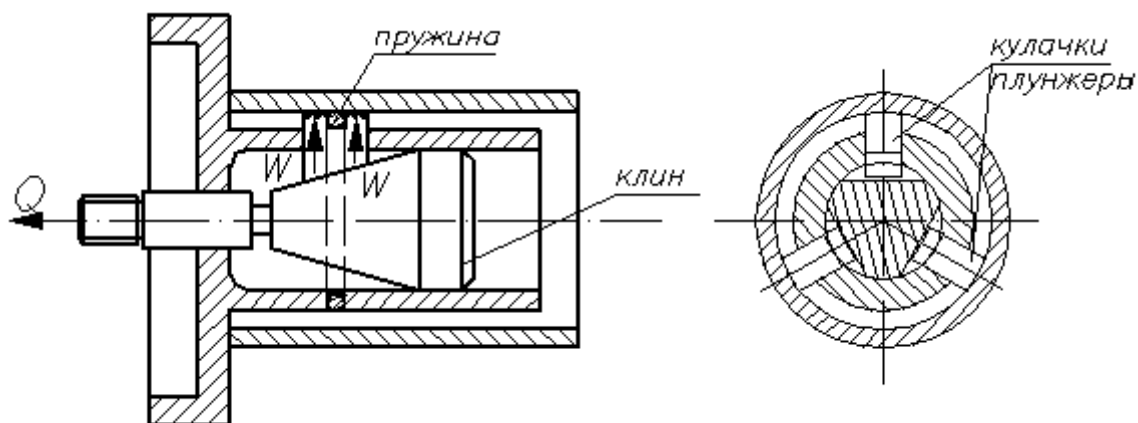


Рис. 4.100 - Клиноплунжерный самоцентрирующий механизм.

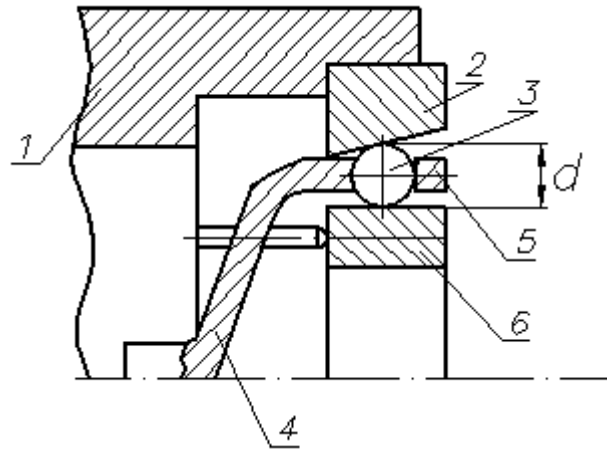
Силу тяги привода  $Q$ , необходимую для обеспечения силы зажима  $W$  можно определить по формуле:

$$Q = W \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}$$

Погрешность центрирования в клиноплунжерных механизмах составляет 0,2...0,5 мм. Поэтому патроны с такими механизмами обычно применяют для установки по черным базам на черновых операциях. Токарные патроны с клиноплунжерными кулачками выполняют по ГОСТ 16886-71.

#### 4.6.3.6 Клиношариковые механизмы

Эти механизмы применяют в приспособлениях токарных и шлифовальных станков при базировании по внутренней и наружной цилиндрической поверхности. Принципиальная схема патрона для центрирования по наружному цилиндру приведена на рисунке 4.101.



- 1 – корпус патрона
- 2 – конусная втулка
- 3 – шарики
- 4 – сепаратор
- 5 – шайба, предохраняющая шарики от выпадания
- 6 – заготовка

Рис. 4.101 - Клиношариковый самоцентрирующий механизм.

Достоинства такого механизма по сравнению с клиноплунжерным является уменьшение потерь на трение в направляющих плунжера-шарика и повышение точности центрирования за счет уменьшения числа кинематических звеньев и повышения их точности при изготовлении.

Силу зажима таким механизмом определяют следующим образом.

В момент зажима наибольшая сила трения возникает в точке контакта шарика с конусной втулкой, так как  $N > W > Q$ . Под действием этой силы шарик катится по конусу, проскальзывая в сепараторе и на заготовке.

Из условия равновесия шарика  $Q - P - F_2 = 0$ ;  $Q = P + F_2$ .

где  $P = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k)$ ;  $F_2 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_2$ ;  $W_1 = W + F_3 = W + Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_3$ ;

где  $\varphi_k$  – угол трения качения шарика по конусу втулки;  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  – углы трения скольжения шарика по заготовке и сепаратору.

Тогда:

$$Q = W \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) + \operatorname{tg} \varphi_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3};$$

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) + \operatorname{tg} \varphi_2}.$$

Клиношариковый механизм дает большое передаточное отношение сил и может развивать значительную силу зажима  $W$ . Однако величина используемой при нормальной работе силы  $W$  зависит от площади контакта между шариками и заготовкой (точка) и возможностью в связи с этим пластической деформации ее поверхности.

Поэтому такие механизмы применяют на операциях с небольшими силами резания. Угол  $\alpha$  конуса выбирают в пределах  $5 \dots 10^\circ$ . Наименьший диаметр и длину конуса рассчитывают, зная диаметр базы заготовки и допуск на него:

$$D_{k \min} = D_g - \delta + d_1(1 + \cos \alpha) - 2l_1 \operatorname{tg} \alpha;$$

$$l = l_1 + l_2 + l_3;$$

где  $l_1$  – гарантированный запас хода;

$l_2 = \frac{\delta}{2 \operatorname{tg} \alpha}$  – длина конуса, обеспечивающая зажим любой детали в

пределах допуска на ее диаметр;

$l_3 = \frac{s_{\min}}{2 \operatorname{tg} \alpha}$  – длина конуса, обеспечивающая гарантированный

минимальный зазор между заготовкой и шариками в момент загрузки.

При установке длинных деталей применяют двухрядное расположение шариков в одном или разных сепараторах.

Широкое распространение шариковые патроны получили на операциях окончательного шлифования базовых отверстий зубчатых колес. На этих операциях обеспечивается высокая соосность зубчатого венца и отверстия за счет установки зубчатого колеса по эвольвентным поверхностям зубьев.

#### ***4.6.3.7 Механизмы с упругодеформируемыми элементами***

Самоцентрирующие механизмы, рассмотренные до сих пор, имеют значительную погрешность центрирования, вызванную большим числом



сопряжений деталей, обеспечивающих встречное перемещение установочных элементов. Наибольшую точность центрирования дают механизмы, установочные элементы которых объединены в одну деталь и перемещаются в пределах ее упругой деформации. Такой механизм можно изготовить с высокой точностью. И обеспечить точность упругого перемещения отдельных частей. Поэтому эту группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся цанговые, мембранные и гидропластовые механизмы.

#### ***4.6.3.7.1 Цанговые самоцентрирующие механизмы***

Цангами называются разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать заготовки по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы применяются для центрирования и зажима как пруткового материала, так и отдельных заготовок. В станках-автоматах и револьверных, предназначенных для обработки пруткового материала, цанговые механизмы являются неотъемлемой частью станка и используются для зажима прутков разного профиля.

Для центрирования по наружному диаметру используются две конструкции цанговых механизмов:

а) с тянущей цангой, которые применяются для закрепления штучных заготовок (рис. 4.102, а);

б) с толкающей цангой, которые чаще всего применяются для закрепления пруткового материала; для фиксации прутка в осевом направлении упор ставится впереди цанги (рис. 4.102, б).

Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения к оси при продольном движении цанги за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса. Так как радиальные перемещения всех лепестков цанги происходят одновременно и с одинаковой скоростью, такой механизм получает свойство самоцентрирования.

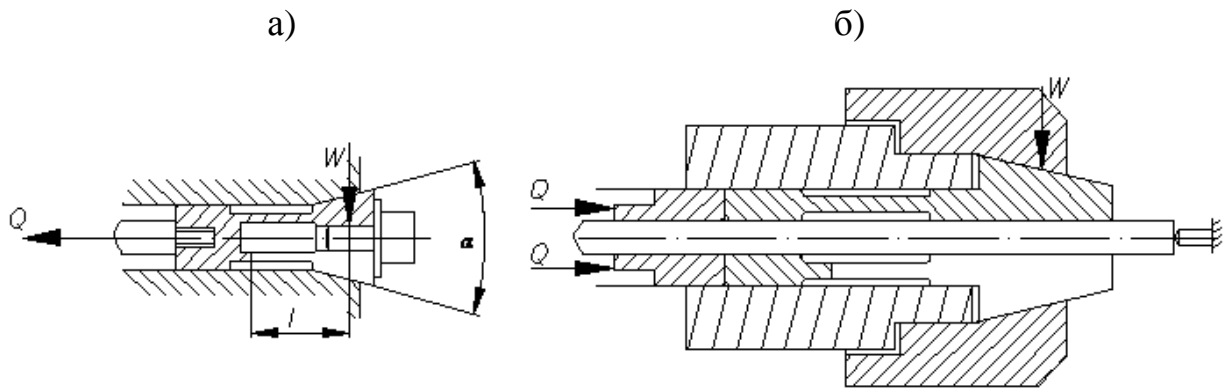


Рис. 4.102 - Цанговые самоцентрирующие механизмы.

Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра  $d$ . При  $d \leq 30$  мм цанга имеет три лепестка,  $30 \leq d \leq 80$  мм – четыре, при  $d > 80$  мм – шесть.

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это предъявляет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки. Он должен быть выполнен не грубее 8-9 квалитета.

Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,02...0,05 мм.

Цанги для закрепления по наружной поверхности выполняются с углом  $\alpha = 30^\circ$ , а для установки по отверстию  $\alpha = 8-10^\circ$ , чтобы создать большую жесткость цанги. Размеры цанг берутся по нормальям.

Поскольку цанга работает по принципу клина, то силу зажима, создаваемую цангой при наличии осевого упора, можно определить как:

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

где  $\alpha$  – половина угла конуса цанги;

$\varphi_1$  - угол трения по клиновой поверхности;

$\varphi_2$  - угол трения между цангой и заготовкой.

Однако действительная сила, развиваемая цангой, будет меньше, так как часть силы тяги затрачивается на сжатие лепестков цанги.

Материал. Цанги изготавливают из инструментальных сталей У8А, У10А или 65Г. Для крупных цанг – сталь 15ХА, или 12ХНЗА. Рабочая часть калиется до твердости HRC 55...62, хвостовая отпускается до твердости HRC 30...40.

#### 4.6.3.7.2 Мембранные самоцентрирующие механизмы

Для точного центрирования и зажима деталей типа дисков, колец, втулок применяются приспособления с мембранами различных конструкций; для центрирования по наружной или внутренней цилиндрической поверхности.

Мембраны применяются трех основных типов:

- рожковые
- чашечные
- кольцевые

Рожковые и чашечные мембраны являются наиболее точными. На рис. 4.103 представлена рожковая мембрана.

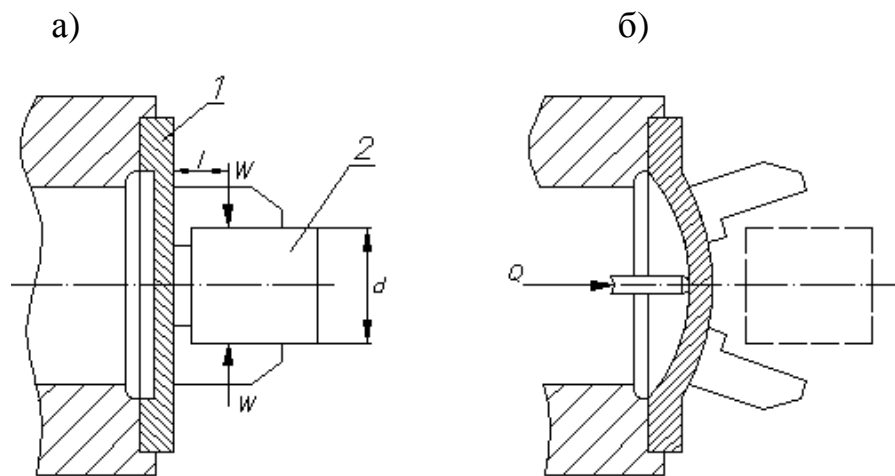


Рис. 4.103 - Рожковая мембрана.

Обрабатываемая деталь 1 зажимается внутренними силами упругости мембраны 2 посредством ее рожков. Сила привода Q служит для разведения рожков при откреплении детали.

Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы.

Чашечные и рожковые мембраны изготавливаются из сталей 65Г, У10А, 30ХГС и термообрабатываются до твердости HRC 40...45.

Мембранные патроны могут обеспечить точность центрирования 0,003...0,005 мм.

Кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) применяются в случаях, когда при значительных нагрузках мембраны должны иметь малые габаритные размеры.

Они обычно применяются пакетами. На рис. 4.104 показана кольцевая мембрана, а на рис. 4.105 – схема механизма с двумя пакетами мембран для центрирования по внутренней цилиндрической поверхности.

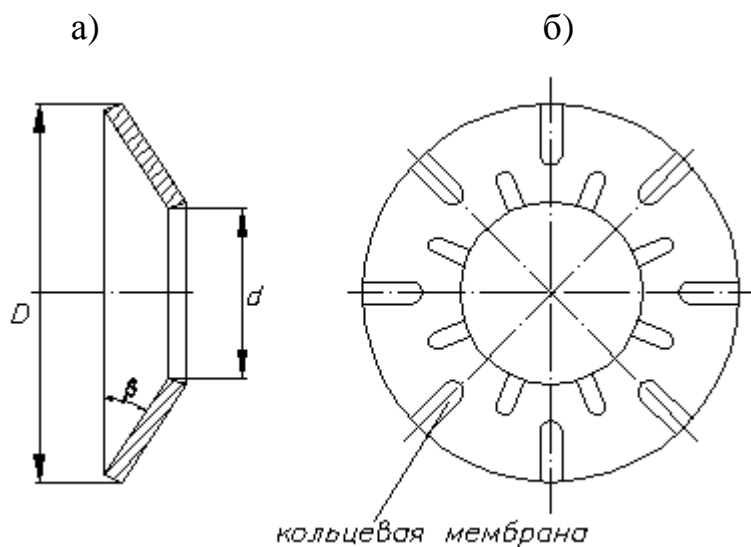


Рис. 4.104 - Кольцевая мембрана.

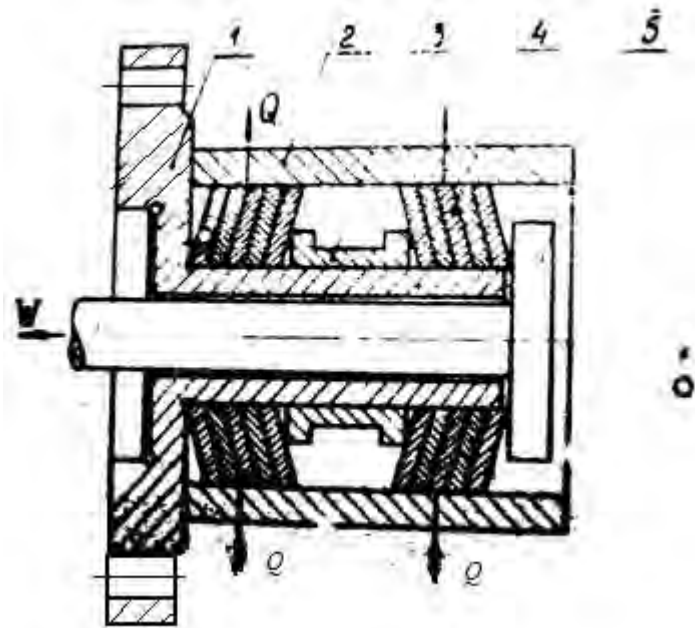


Рис. 4.105 - Оправка самоцентрирующая с кольцевыми мембранами.

На корпус 1 одевается два пакета мембран 4, между которыми располагается втулка 3. Если стержень 3 получает перемещение влево, то пакеты сплющиваются, мембраны увеличиваются в диаметре, и деталь центрируется и зажимается. Диаметры кольцевых мембран могут увеличиваться на 0,15...0,4 мм в зависимости от размера. Базирующие поверхности могут быть изготовлены по 5...11 квалитетам. Точность центрирования может быть в пределах 0,01...0,02 мм.

Для определения необходимой величины тягового усилия привода  $Q$  рассмотрим равновесие мембраны в конечном положении при закреплении (рис. 4.104, б).

Наличие радиальных прорезей позволяет с достаточной для практических расчетов точностью рассматривать мембрану как наклонную распорку между корпусом и заготовкой.

Тогда из силового треугольника можно записать:

$$0,75 \cdot Q = W \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta};$$

отсюда

$$W = 0,75 \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где  $\beta$  – угол наклона мембраны в деформированном состоянии.

Для мембраны с  $d < 50$  мм  $\beta = 9 \dots 10^\circ$ , с  $d > 50$  мм  $\beta = 12^\circ$ .

Коэффициент 0,75 введен исходя из допущения, что 25% тягового усилия расходуется на деформацию мембраны в пределах зазора между базовым отверстием заготовки и мембраной в недеформированном состоянии.

Тарельчатые пружины (кольцевые мембраны) изготавливаются из стали марки 60С2А и термообрабатываются до твердости HRC 40...45.

#### 4.6.3.7.3 Гидравлические (гидропластовые) самоцентрирующие механизмы

Такие механизмы применяются для центрирования как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Точность базовых поверхностей закрепляемых деталей должна быть не ниже 7...9 квалитетов. Точность центрирования 0,01 мм. На рис. 4.106 показана схема гидропластового самоцентрирующего механизма.

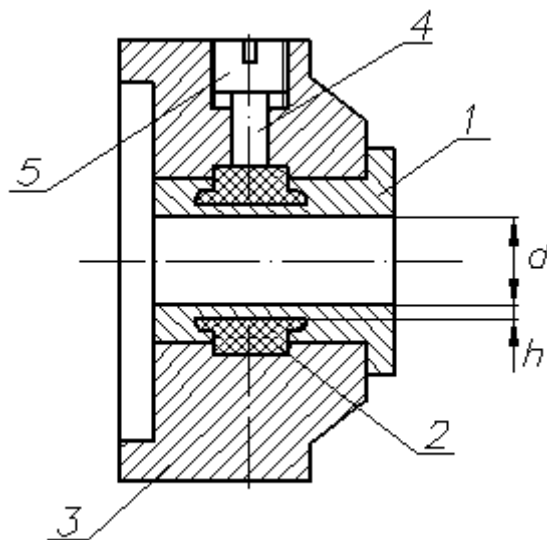


Рис. 4.106 - Гидропластовый патрон.

В корпус 3 запрессована тонкостенная втулка 1 в горячем состоянии. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластом 2. Винтом 5 через плунжер 4 создается

давление  $p$ , которое деформирует тонкостенную часть втулки, центрирующую и зажимающую заготовку.

При проектировании механизмов с гидропластом рассчитываются:

- 1) параметры упругих тонкостенных втулок;
- 2) размеры нажимных винтов и плунжеров у приспособлений с ручным приводом;
- 3) размеры плунжеров, диаметры цилиндра и ход поршня у приспособлений с механизированным приводом.

Все данные для расчета приведены в книжке Ансера М. А. «Приспособления для металлорежущих станков».

Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А и 30ХГС, которые термообрабатываются до твердости HRC 35...40.

#### **4.7 Силовые приводы**

Механизированные приводы применяются с целью повышения производительности станков и облегчения труда рабочего. Приводы применяются для механизации и автоматизации установки заготовок на станках, включения и выключения станков, закрепления заготовок, поворота приспособлений, выталкивания деталей и т.п.

В настоящее время для приспособлений широко применяются следующие приводы:

- пневматические;
- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- электромеханические;
- магнитные;
- электромагнитные;
- электростатические;
- вакуумные;

- центробежно-инерционные;
- от движущихся частей станков;
- от сил резания.

#### ***4.7.1 Пневматические приводы***

Пневматические приводы в современном производстве получили широкое распространение.

*Преимущества пневмоприводов:*

- 1) быстрота действия (0,5...1,5 с);
- 2) постоянство силы зажима в течение всей обработки;
- 3) регулировка зажимной силы в нужных пределах с помощью регулятора давления, что особенно важно при обработке нежестких деталей;
- 4) удобство обслуживания;
- 5) простота конструкции;
- 6) облегчение труда.

*Недостатки:*

- 1) недостаточная плавность перемещения рабочих органов;
- 2) большие габариты из-за низкого давления воздуха;
- 3) шум при выпуске воздуха из силовых агрегатов;
- 4) большая стоимость энергии сжатого воздуха по сравнению с электроэнергией при выполнении той же работы.

Пневматический привод приводится в действие сжатым воздухом из сети компрессорной станции.

*Пневмоприводы состоят из силового узла, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.*

В качестве *силового узла* применяется цилиндр с поршнем или камера с диафрагмой. Поэтому приводы делятся на поршневые и диафрагменные (рис. 4.107).



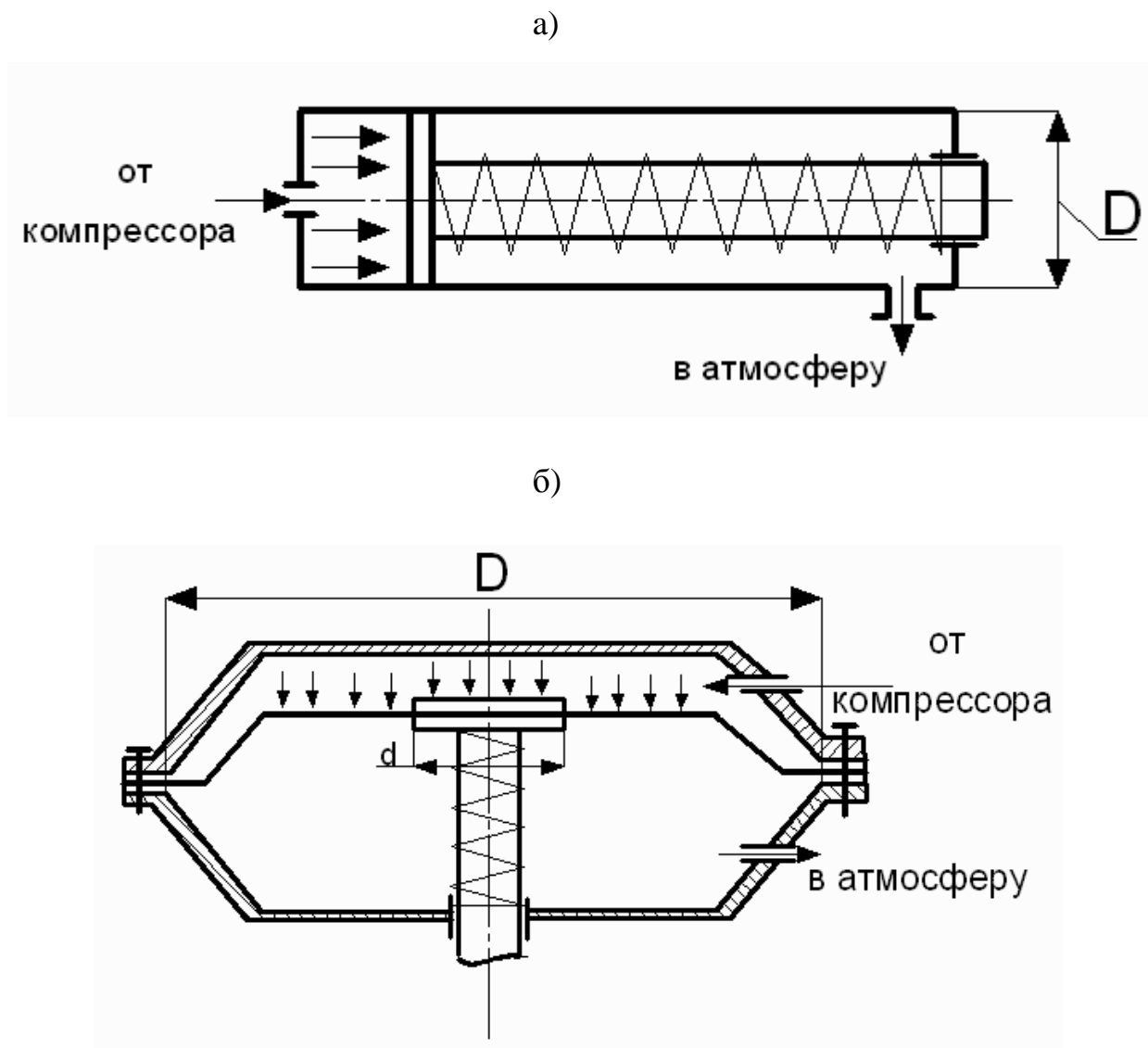


Рис. 4.107 - Схемы поршневого (а) и диафрагменного (б) пневмоприводов.

Диафрагменные пневмокамеры имеют ряд преимуществ перед пневмоцилиндрами:

- 1) у камер одностороннего действия отсутствуют уплотнения, и исключается утечка воздуха, не требуют за собой ухода;

2) камеры компактны и имеют небольшой вес, изготовление их проще и дешевле;

3) диафрагмы долговечны – они выдерживают более 600 000 циклов, а уплотнения для цилиндров служат лишь 10 000 циклов.

Основные недостатки пневмокамер:

1) малый ход штока (до 35...40 мм для тарельчатых диафрагм, до 15 мм – для дисковых);

2) непостоянство развиваемого усилия.

Диафрагмы изготавливают из:

- ткани в 4-5 слоев (толщиной 6-7мм), пропитаны маслостойкой резиной;

- из листовой резины (4-5мм);

- из стали 60С2А толщиной 1,5мм (дисковые диафрагмы).

Пневмоприводы могут быть: *одностороннего действия*\_(с возвратом штока в исходное положение с помощью пружин) и *двухстороннего*.

По методам компоновки с приспособлениями приводы могут быть:

- прикрепляемые;

- встроенные;

- универсальные или агрегатированные.

*Прикрепляемые приводы* – это нормализованные узлы, которые прикрепляются к корпусу приспособления.

Их легко менять. Используются в массовом и серийном производствах.

Прикрепляемые приводы нормализованы 3-х типов, отличающихся элементами для их закрепления на корпусе приспособления:

1) неподвижные – крепятся с помощью ножек или фланцев;

2) качающиеся – имеют специальное ушко;

3) вращающиеся.

Последние применяются для закрепления деталей на токарных и круглошлифовальных станках, а также на поворотных столах многопозиционных агрегатных станков. Крепятся они на заднем конце

шпинделя станка посредством переходной планшайбы. Пневмоцилиндр вращается вместе со шпинделем станка, а муфта обеспечивающая подачу воздуха, не вращается.

Нормализованы цилиндры с диаметром от 20 до 300мм, и пневмокамеры – от 175 до 400 мм.

*Встроенные приводы* делаются заодно с корпусом приспособления. Эти приводы специальные, создают компактность приспособлений, но затрудняют ремонт. В них нормализованы поршни, штоки, уплотнения. Применяются в крупносерийном и массовом производствах.

*Универсальные и агрегатированные приводы* полностью выделены в самостоятельный агрегат и многократно используются в компоновках с различными приспособлениями. Нормализованы несколько типов таких приводов. Применяются в серийном производстве.

Приводы одностороннего действия применяются в следующих случаях:

- 1) когда не требуется большой ход поршня;
- 2) когда сила зажима передается либо непосредственно на деталь или рычаг, т.е. когда не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение.

Сила на штоке цилиндра одностороннего действия рассчитывается по формуле:

$$Q = p \frac{\pi D^2}{4} \eta - q;$$

где  $p$  – давление в пневмосети;

$D$  – диаметр поршня;

$\eta = 0,96-0,97$  – КПД цилиндра;

$q$  – сопротивление предельно сжатой пружины обратного хода.

При расчете силы на штоке пневмокамеры с достаточной для практики точностью можно считать, что камера развивает такое же усилие, что и

цилиндр диаметром  $D_{cp} = \frac{D+d}{2}$  ( $D$  – диаметр диафрагмы,  $d$  – диаметр жесткого фланца крепления штока):

$$Q = p \frac{\pi}{4} \left( \frac{D+d}{2} \right)^2 \eta - q.$$

Приводы двухстороннего действия (рис. 4.108) применяются в следующих случаях:

- 1) когда требуется большой ход поршня;
- 2) когда требуется значительное усилие на возврат в исходное положение зажимных элементов;
- 3) когда оба хода должны быть рабочими.

Сила на штоке рассчитывается по следующим формулам:

а) для цилиндра

на прямом ходе  $Q = p \frac{\pi D^2}{4} \eta;$

на обратном ходе  $Q = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2) \eta;$

б) для пневмокамеры

на прямом ходе  $Q = p \frac{\pi}{16} (D + d)^2 \eta;$

на обратном ходе  $Q = p \frac{\pi}{4} \left[ \frac{(D+d)^2}{2} - d_1^2 \right] \eta;$

где  $d_1$  - диаметр штока.

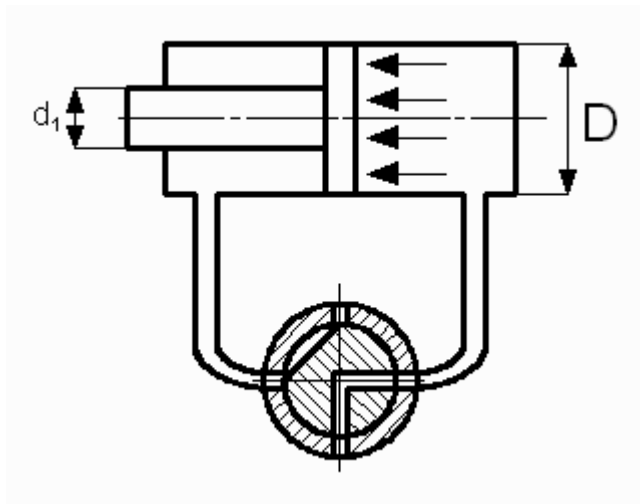


Рис. 4.108 - Пневмоцилиндр двухстороннего действия.

Для увеличения зажимного усилия без увеличения диаметра цилиндра применяют сдвоенные и строенные пневмокамеры и цилиндры. Усилие на штоке определяется аналогично указанному выше.

#### 4.7.2 Пневмогидравлический привод

Этот привод в приспособлениях применяется в двух случаях:

- 1) для усиления пневмозажима;
- 2) для получения равномерной подачи (плавности хода) штока.

Принципиальная схема пневмогидропривода дана на рисунке 4.109.

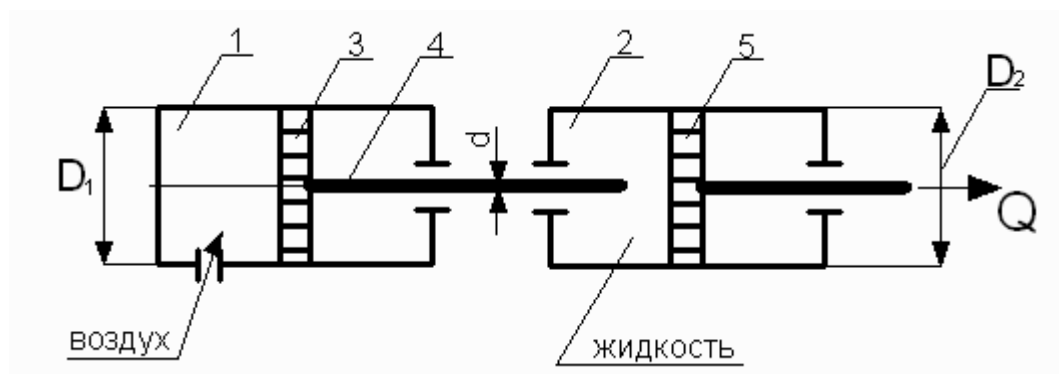


Рис. 4.109 - Схема пневмогидропривода.

В цилиндр 1 подается сжатый воздух, в цилиндре 2 находится жидкость. Усилие, развиваемое поршнем 3 под давлением сжатого воздуха полностью передается на жидкость гидроцилиндра 2 через шток 4, площадь которого во много раз меньше площади поршня пневмоцилиндра. Через жидкость шток передает давление на поршень гидроцилиндра 5, который усиливает это давление во столько раз, во сколько раз площадь поршня больше площади штока.

Расчет усилия можно произвести следующим образом.

Пневмоцилиндр развивает усилие

$$Q = p \frac{\pi D_1^2}{4} \eta_{\text{пн}};$$

Гидростатическое давление  $p'$  в гидроцилиндре получим, если усилие  $Q$  разделим на площадь штока:

$$p' = Q / \frac{\pi d^2}{4}.$$

Отсюда 
$$p' = p \frac{D_1^2}{d^2} \eta_{\text{пн}};$$

Тогда усилие, развиваемое пневмогидравлическим приводом будет равно

$$Q = p \frac{\pi}{4} \frac{D_1^2 D_2^2}{d^2} \eta;$$

где  $\eta = \eta_{\text{пн}} \eta_{\text{г}} = 0,8 \dots 0,85$  – КПД механизма.

$D_1$  и  $D_2$  – диаметры пневмо- и гидроцилиндров.

$p$  – давление воздуха в сети.

$d$  – диаметр штока пневмоцилиндра.

### **4.7.3 Гидравлические приводы**

Ценным свойством гидравлических приводов является возможность получения больших усилий зажима. Их целесообразно применять в многоместных приспособлениях, в приспособлениях для зажима крупных деталей в нескольких точках одновременно.

Гидравлические приводы обладают рядом преимуществ перед пневматическими:

- 1) высокая надежность;
- 2) меньше габариты. Давление жидкости  $P=4...8$  МПа, поэтому гидроприводы компактны;
- 3) наличие гидроприводов на многих станках.

Недостатки:

- 1) гидросистема требует тщательного ухода в целях предупреждения утечки масла;
- 2) высокая стоимость гидроаппаратуры;
- 3) невозможные частые переналадки станков из-за сложности подключения, регулировки и ликвидации течей;
- 4) низкий КПД гидроустановки, т.к. наиболее производительно насос работает лишь в процессе закрепления и открепления заготовки. Для повышения КПД в систему вводят гидроаккумуляторы.

Питание приспособлений жидкостью, подаваемой под высоким давлением производится либо от гидросистемы станка либо от независимой гидроустановки, состоящей из электродвигателя, насоса, резервуара для масла и аппаратуры управления и регулирования.

На рисунке 4.110 показана схема гидравлического зажимного устройства, состоящего из:

- силовой аппаратуры 4 (цилиндр, шток, поршень, уплотнения);
- аппаратуры управления 3 (золотниковое устройство);
- контрольно-регулирующей аппаратуры 7 (предохранительный и обратный клапаны, гидроаккумулятор, редукционный клапан, манометры и др.);
- насоса 2 и масляной ванны 1.

Привод обслуживает приспособление 5 с закрепляемой деталью 6.

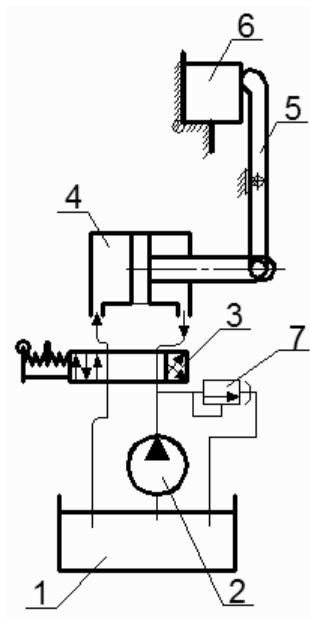


Рис. 4.110 - Гидравлическое зажимное устройство.

Усилие, развиваемое гидроцилиндром двустороннего действия, подсчитывается по уже известной формуле (аналогично пневмоцилиндру):

$$\text{на прямом ходе} \quad Q_1 = p \frac{\pi D^2}{4} \eta_{\Gamma};$$

$$\text{на обратном ходе} \quad Q_2 = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \eta_{\Gamma};$$

где  $\eta_{\Gamma}$  – КПД гидроцилиндра.

Гидравлические цилиндры могут быть трех типов: неподвижные, качающиеся и вращающиеся. Они нормализованы в пределах диаметров от 25 до 150мм.

#### ***4.7.4 Электромеханические приводы***

На рисунке 4.111 представлена схема электромеханического привода.



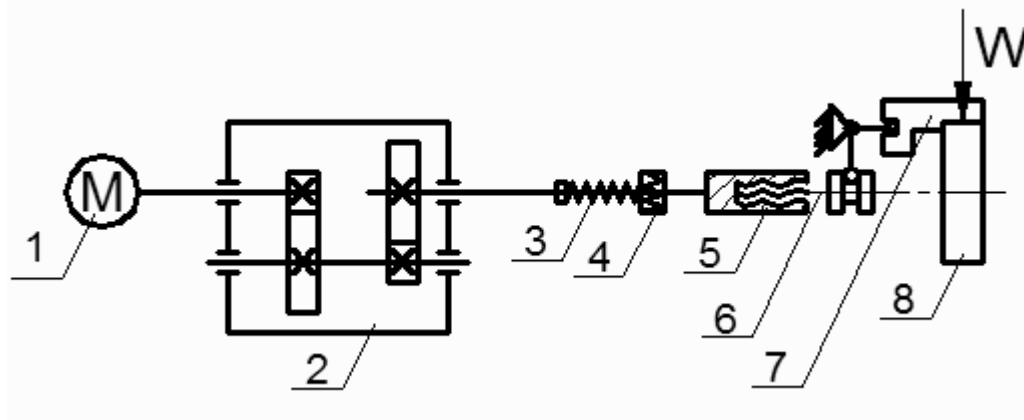


Рис. 4.111 - Схема электромеханического привода.

Привод состоит из следующих узлов:

- электромотора 1 (асинхронный двигатель трехфазного тока с короткозамкнутым ротором; эти двигатели просты по конструкции, надежны в эксплуатации, не нуждаются в пусковом реостате);
- редуктора 2 (чаще всего используют компактный с большим передаточным отношением червячный редуктор);
- пружины 3;
- кулачковой муфты 4;
- пары винт-гайка (6 и 5);
- трехкулачкового самоцентрирующего патрона 7 с рычажным механизмом, который зажимает деталь 8.

От электромотора 1 через редуктор 2, кулачковую муфту 4 вращение передается на гайку 5. Гайка 5 при своем вращении перемещает винт 6, который приводит в действие зажимной механизм 7. При достижении необходимой силы зажима элементы 5, 6, 7 и половина муфты 4 останавливаются, а левая половина муфты 4, установленная на скользящей шпонке отжимается влево, преодолевая сопротивление пружины 3. При этом слышно щелканье зубьев муфты, что служит сигналом для выключения электродвигателя. Если на пути движения левой половины муфты поставить концевой выключатель, то будет осуществляться автоматический останов

двигателя. Регулированием пружины 3 можно изменять величину зажимной силы патрона.

Крутящий момент двигателя, передаваемый через резьбовую пару, может быть определен из формулы:

$$M = \frac{P (r_v \operatorname{tg}(\alpha + \varphi))}{\eta};$$

где  $P$  – необходимое тяговое усилие привода приспособления;

$i$  – передаточное отношение от двигателя к тяге;

$r_v$  – радиус винта;

$\alpha$  - угол подъема резьбы;

$\varphi$  - угол трения в резьбе;

$\eta$  - КПД передачи от двигателя к тяге.

Приспособления с электромеханическими приводами применяются в токарно-револьверных, агрегатных станках и автоматических линиях.

Эти приводы универсальны (могут зажимать заготовки из любых материалов и любой конфигурации) и имеют возможность регулировки зажимного усилия в нужных пределах.

К недостаткам этих приводов можно отнести сложность конструкции.

#### ***4.7.5 Магнитные приводы***

В приспособлениях, где для закрепления деталей используется энергия магнитного поля, трудно выделить собственно привод из общей конструкции устройства (в отличие от пневматического, гидравлического и других приводов). Поэтому обычно рассматриваются магнитные приспособления в целом, а понятие «магнитный привод» используется при классификации приспособлений по виду источника энергии.

Магнитные приспособления обладают рядом достоинств по сравнению с другими быстродействующими приспособлениями, которые обеспечивают их широкое применение в производстве:

- 1) равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности деталей вместо приложения сосредоточенных нагрузок;
- 2) удобный и технически простой подвод энергии или полная автономность в действии (в случае применения постоянных магнитов);
- 3) большое рабочее пространство и широкий доступ к обрабатываемым поверхностям;
- 4) высокая жесткость приспособления, обеспечивающая точную обработку;
- 5) удобство управления;
- 6) отсутствие сложных дополнительных устройств для обеспечения работы магнитных приспособлений.

По источнику энергии магнитные приспособления делятся на:

- электромагнитные и
- приспособления с постоянными магнитами.

#### ***4.7.5.1 Электромагнитные приспособления***

Они выполняются преимущественно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью, либо магнитных приспособлений (переходников).

Питание электромагнитных приспособлений производится постоянным током ( $U_{ном} = 36, 48, 110$  или  $220$  В), который получают от мотогенераторов или выпрямителей. Эти приспособления отличаются простотой конструкции, удобством управления и невысокой стоимостью.

Так как их электромагнитное поле простирается относительно далеко, оно может намагнитить металлический режущий инструмент, что приведет к снижению эффективности процесса резания. Поэтому область их ограничивается плоскошлифовальными станками, где инструментом служит абразивный круг.

Схема электромагнитного зажимного устройства выглядит следующим образом (рис. 4.112).

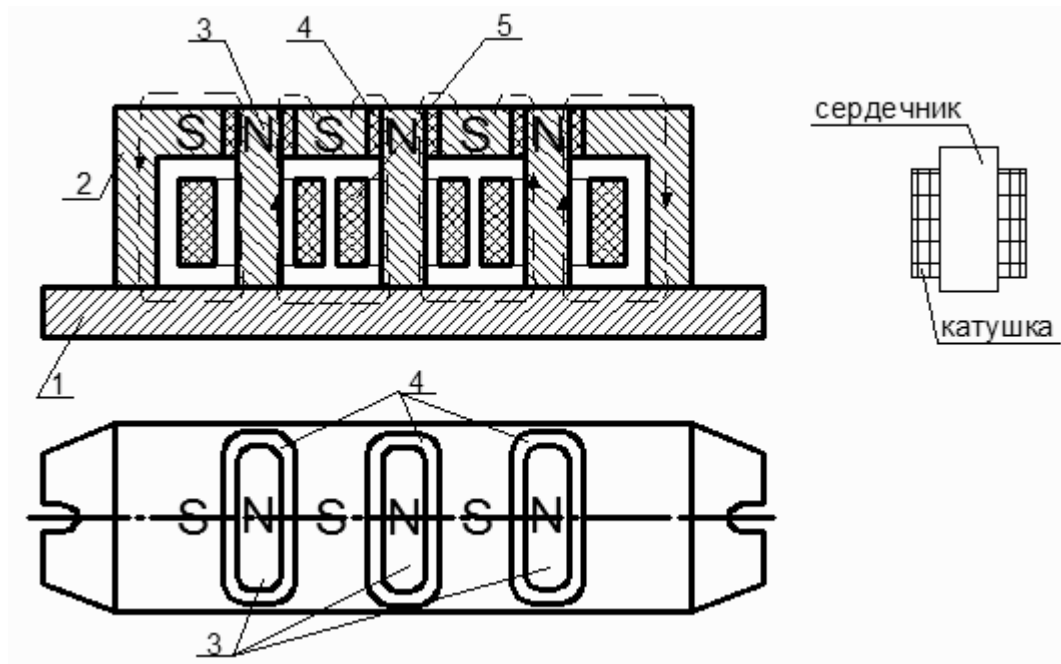


Рис. 4.112 - Схема электромагнитной плиты.

К основанию 1 винтами прикреплен корпус 2 с окнами, в которые вставлены плоские сердечники 3, соединенные с основанием 1. Между корпусом и сердечником устанавливаются немагнитные прокладки 4. На каждом сердечнике смонтирована электромагнитная катушка 5.

Заготовка устанавливается на зеркало плиты и перекрывает (замыкает) полюсники-сердечники 3 на корпус. Притяжение заготовки к зеркалу плиты обуславливается тем, что она, являясь проводником магнитного потока, дает возможность замыкаться потоку между полюсами электромагнита.

Усилие притяжения при закреплении детали магнитным полем определяется по формуле

$$Q = 4,06 \frac{\Phi^2}{s};$$

$$Q = 4,06 B^2 S;$$

где  $Q$  – усилие притяжения в кгс;  $\Phi$  – величина магнитного потока, пересекающего опорную поверхность детали, в Вб;  $S$  – площадь, на которую поток распространяется, в см<sup>2</sup>;

$B = \Phi/S$  – плотность магнитного потока (магнитная индукция) в Вб/м<sup>2</sup>.

Сила притяжения заготовки зависит от материала, габаритов и шероховатости опорной поверхности заготовки, а также от характеристики магнитной плиты. При закреплении тонкостенных заготовок величина силы притяжения зависит от толщины заготовки. Это связано с тем, что при малой толщине заготовки не весь магнитный поток замыкается через нее, а часть его рассеивается в окружающее пространство. С увеличением толщины заготовки сила притяжения увеличивается, а при толщинах больших ширины полюсников-сердечников стабилизируется, так как весь магнитный поток замыкается через заготовку.

С увеличением высоты микронеровностей базовой поверхности заготовки увеличивается воздушный зазор между заготовкой и сердечниками. При прохождении этого зазора магнитный поток ослабевает. Поэтому с увеличением микронеровностей снижается сила притяжения. В целом удельная сила притяжения для электромагнитных плит колеблется в пределах от 1,6 до 3,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,16...0,35 МПа).

Электромагнитные плиты стандартизованы ГОСТ 17519-72. Они выпускаются двух типов: с отверстиями либо с пазами для крепления их к столу станка. Установлено три класса точности плит: повышенной – П, высокой – В и особо высокой – А, предназначенных для закрепления заготовок из ферромагнитных материалов.

Значительное расширение возможностей применения электромагнитных плит дают наставки (переходники), которые устанавливаются на плиту и изменяют форму базовой поверхности (рис. 4.113). Переходники дают возможность закреплять заготовки, имеющие

сложные форму, цилиндрическую, коническую или закреплять плоские заготовки под углом.

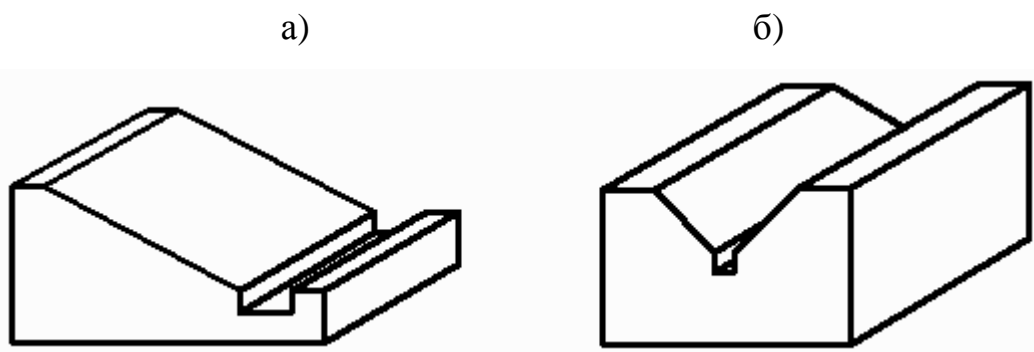


Рис. 4.113 - Переходники: а – односторонняя призма; б – призма для валов и втулок и т.п.

#### 4.7.5.2 Приспособления с постоянными магнитами

Основным достоинством этих приспособлений является автономность их действия, так как будучи однажды намагниченными они сохраняют свою работоспособность в течение длительного времени и не требуют при этом дополнительных источников энергии.

Эти приспособления имеют постоянные магниты. Удерживаемая заготовка является якорем, через который замыкается магнитный силовой поток. Для открепления детали магнит должен быть сдвинут или повернут с тем, чтобы магнитный поток замкнулся через корпус приспособления, минуя заготовку.

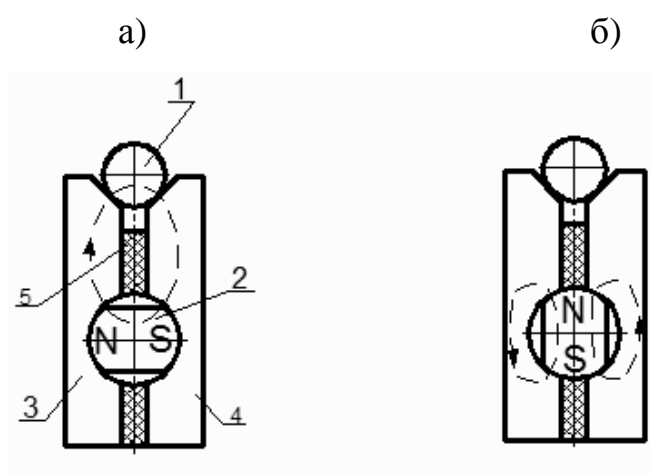


Рис. 4.114 - Схема приспособления с постоянным магнитом: а – закреплено,  
б – откреплено.

На рисунке 4.114 показана магнитная призма для закрепления цилиндрических заготовок. При горизонтальном положении магнита 2 (рис. 4.114,а) магнитный силовой поток проходит через обе щеки призмы, разделенные немагнитной пластиной 5, и прижимает заготовку к призме. При вертикальном положении магнита магнитный поток замыкается в половинках призмы, и заготовка освобождена (рис. 4.114,б).

На рис. 4.115 схематично показано устройство плоской магнитной плиты, применяемой для закрепления деталей при их обработке на различных станках. Она представляет собой корпус 4 (рис. 4.115, а), установленный на нижней стальной плите 5. В верхней стальной плите 3 установлены полюсные вставки 2, изолированные от плиты прослойками 1 из немагнитного материала. Магнитный блок, расположенный в корпусе плиты, имеет возможность продольного перемещения и состоит из набора постоянных магнитов 6, пластин 7, выполненных из железа Армко, обладающего высокой магнитной проницаемостью, и прокладок 8 из немагнитного материала, изолирующих постоянные магниты от пластин 7.

При расположении магнитного блока в положении, как показано на рис. 4.115,а, магнитный силовой поток проходит через верхнюю плиту 3, установленную на ней деталь, тем самым притягивая ее к плите, и через вставки 2 и пластины 7 замыкается на нижнюю плиту.

Для снятия детали с плиты блок с магнитами перемещается в корпусе до тех пор, пока середина пластины 7 не окажется против одной из изолирующих прокладок в верхней плите, как показано на рис. 4.115,б. В этом случае магнитный силовой поток пойдет по пути наименьшего сопротивления, т.е. непосредственно через верхнюю плиту, пластины 7 и замкнется на нижнюю плиту. При этом деталь освобождается и может быть снята с плиты.

Перемещение магнитного блока осуществляется с помощью эксцентрика либо многозаходного винта.

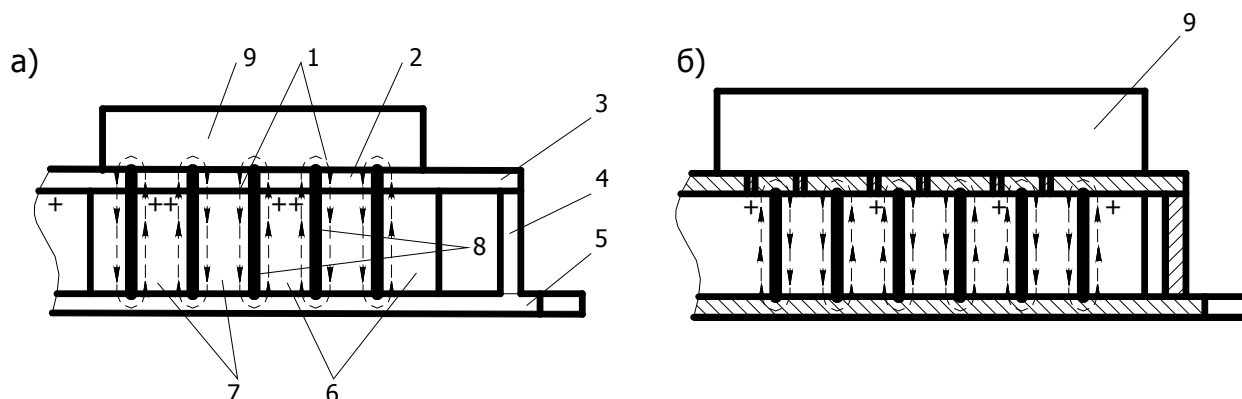


Рис. 4.115 - Положение блоков плит с постоянными магнитами: а – при закреплении детали; б – при освобождении детали. 1 – прослойки из немагнитного материала; 2 – полюсные вставки; 3 – верхняя стальная плита; 4 – корпус; 5 – нижняя стальная плита; 6 – постоянные магниты; 7 – пластины из железа Армко; 8 – прокладки из немагнитного материала; 9 – закрепляемая деталь.

С целью сохранения магнитных свойств в течение длительного времени, а следовательно, и притягивающей силы постоянные магниты изготавливают из специальных сплавов. Наиболее распространенными являются магниты, отлитые из сплавов альнико и магнико. В последнее время находят широкое применение постоянные магниты, полученные методом порошковой металлургии, т.е. прессованием оксидно-бариевых смесей ( $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ ) с последующим их спеканием. Такие магниты обладают большой удельной притягивающей силой (для деталей из стали до 1,1МПа), а также значительно меньшим рассеиванием магнитного потока.

Приспособления с постоянными магнитами обладают рядом преимуществ по сравнению с другими приспособлениями для закрепления деталей. К ним следует отнести: быстрое действие зажима; равномерное распределение усилий зажима по всей базовой поверхности детали; возможность работы в любых условиях и без электрического тока; простота обслуживания, сводящаяся только к восстановлению магнитных свойств блока магнитов; большая безопасность при эксплуатации, так как в отличие от электромагнитных



устройств исключается срыв детали при случайном выключении тока; небольшая масса и малые размеры.

Устройства с постоянными магнитами могут быть использованы не только для шлифования, но и для закрепления деталей различной формы при обработке их на различных станках.

*Устройства для размагничивания.* После закрепления деталей на магнитных плитах происходит их остаточное намагничивание, что, как правило, недопустимо для последующей обработки или сборки. Поэтому для его снятия выполняют операцию по их размагничиванию.

Размагничивание деталей производят путем их встряхивания или с помощью специальных устройств, называемых демагнитизаторами.

Принцип действия демагнитизатора заключается в создании меняющего свою полярность магнитного поля. На рис. 4.116 приведена схема работы демагнитизатора. В корпусе 1, выполненном из немагнитного металла, смонтированы сердечники 3, соединенные стальной планкой 4. На сердечники надеты две катушки 2, которые соединены последовательно и подключены к источнику переменного тока. Торцы сердечников с помощью пружины 5 постоянно поджимаются к верхней стальной крышке 6, разделенной на две части текстолитовой прокладкой 7.

Для замыкания возникающего переменного магнитного поля детали необходимо сообщить возвратно-поступательное перемещение в направлении, перпендикулярном к разделительной прокладке.

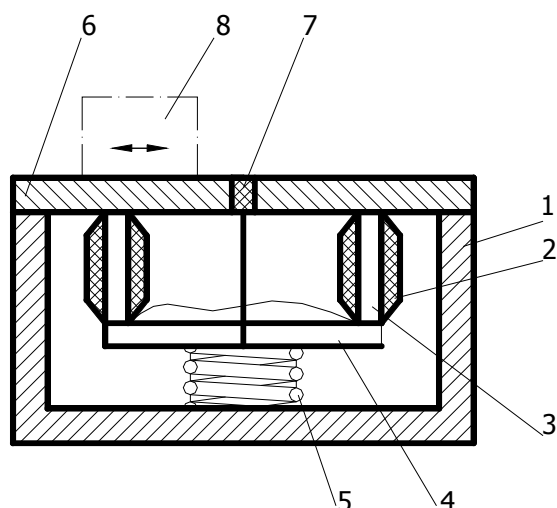


Рис. 4.116 - Схема работы демагнитизатора: 1 – корпус из немагнитного металла; 2 – катушки; 3 – сердечники; 4 – соединительная стальная планка; 5 – пружина; 6 – крышка; 7 – текстолитовая прокладка; 8 – деталь.

#### ***4.7.6 Электростатические приспособления***

Как было уже описано выше, магнитные и электромагнитные плиты, патроны и другая оснастка применяется для закрепления деталей из материалов, обладающих магнитными свойствами.

В приборостроении же, где большая часть деталей выполняется из цветных металлов и сплавов, где большинство деталей нежестки и требуется большая точность их изготовления, перспективными являются приспособления, в которых используются электростатические силы притяжения. Такие приспособления обеспечивают достаточно надежное закрепление деталей с равномерным нагружением по их опорной поверхности.

Электростатические крепежные устройства (ЭКУ) обладают рядом достоинств по сравнению с другими типами оснастки:

- высокой универсальностью. ЭКУ дают возможность крепить детали, выполненные как из магнитных, так и немагнитных металлов и сплавов, с самым разнообразным контуром опорной поверхности, с различными по конфигурации отверстиями и полостями. Благодаря тому, что электростатическая зажимная система основана на поверхностном

эффекте, такие изделия крепятся на ЭКУ с тем же усилием, что и толстые;

- высокой точностью обработки при достаточно высокой производительности процесса. Это связано с равномерностью притяжения деталей по всей опорной поверхности приспособления и отсутствием у закрепленных деталей короблений и значительных упругих деформаций, иногда имеющих место даже при использовании полюсных магнитных приспособлений;
- отсутствием в обработанных на ЭКУ деталях остаточного магнетизма, благодаря чему не требуется введения в технологический процесс дополнительных операций по их размагничиванию;
- быстродействием операций закрепления и съема деталей, открывающим широкие возможности для автоматизации и механизации технологического процесса.

К недостаткам электростатических станочных приспособлений можно отнести следующее:

- так как глубина проникновения электростатического поля значительно меньше, чем магнитного, то детали с большой шероховатостью или неровной поверхностью не могут закреплены с достаточной силой. Снижает усилие закрепления и грязь, попадающая между деталью и рабочей поверхностью приспособления;
- невозможность использования для охлаждения при механической обработке стандартных СОЖ на водяной основе, которые способствуют пробоем диэлектрического покрытия. В качестве СОЖ при обработке на ЭКУ рекомендуется использовать только диэлектрические жидкости, например, трансформаторное масло, что требует дополнительных расходов;
- старение диэлектрического покрытия приводит к изменению (уменьшению) силы притяжения заготовки.

Электростатическое крепежное устройство представляет собой прибор, непосредственно преобразующий энергию электростатического поля в механическую силу притяжения. Наиболее простым ЭКУ является конденсатор, у которого сила притяжения обкладок друг к другу незначительна и согласно закону Кулона равняется:

$$Q = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

где  $q_1, q_2$  – электрические заряды на обкладках конденсатора;

$\varepsilon_1, \varepsilon_0$  – диэлектрические проницаемости окружающей среды и вакуума;

$r$  – расстояние между зарядами.

В современном приборостроении ЭКУ получили применение главным образом в качестве электростатических плит или планшайб для закрепления деталей из немагнитных металлов (фрезеровании, точении, шлифовании, полировании). Усилие притяжения в них возникает между деталью и полупроводящей плитой с нанесенной на нее диэлектрической пленкой при наличии между ними разности потенциалов. Контактная поверхность закрепляемых деталей должна быть чистой, свободной от загрязнения, заусенцев и вмятин. Неплоскостность должна быть не более 0,1 мм. Неметаллические детали, например, из стекла, пластмассы, керамики, требуют нанесения токопроводящего слоя на базовую поверхность контакта.

Электростатическое приспособление состоит из корпуса 1 (рис. 4.117), в котором размещено полупроводящее тело 2, изолированное с боковых сторон изолирующим компаундом 3, а снизу фольгированным стеклотекстолитом 4, служащим одновременно для передачи отрицательного заряда от блока питания 5 к полупроводящему телу. На поверхности полупроводящего тела нанесено диэлектрическое покрытие 6, на котором размещаются закрепляемые детали 7, соединенные посредством контактного угольника 8 с положительным зарядом блока питания 5.

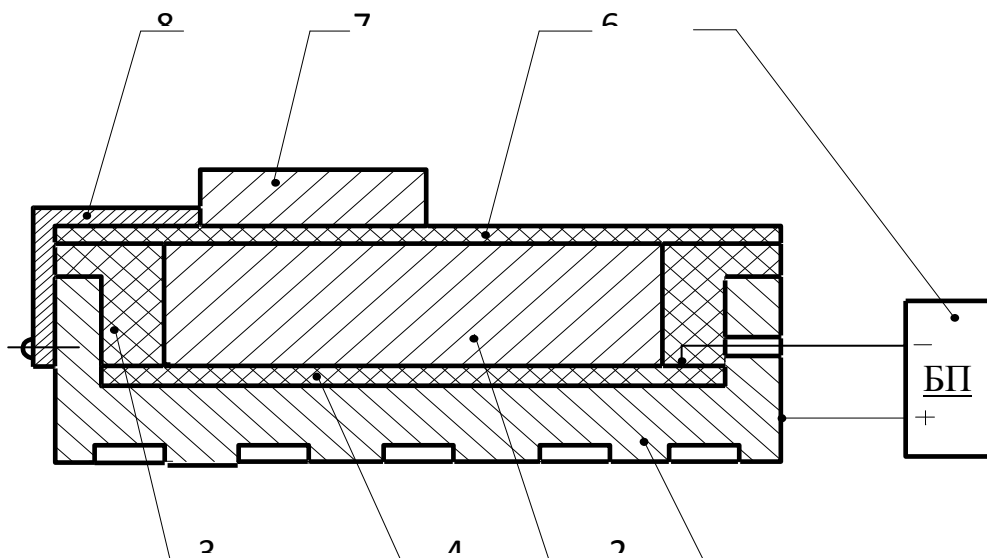


Рис. 4.117 - Схема электростатической плиты.: 1- корпус; 2 – полупроводящее тело; 3 – изолирующий контакт; 4 – фольгированный стеклотекстолит; 5 – блок питания; 6 – диэлектрическое покрытие; 7 – закрепляемая деталь; 8 – контактный угольник.

Принцип действия электростатической плиты основан на взаимодействии разноименно заряженных тел (закон Кулона).

Отрицательный заряд, скапливаясь в полупроводящем теле, вызывает переориентацию диэлектрических частиц покрытия, в результате чего деталь, закрепленная положительным зарядом, взаимодействует с концами диполей покрытия и притягивается к покрытию с усилием:

$$Q_{np} = Q_{yd} \cdot S_{ак} \cdot K_n \cdot K_з$$

где  $Q_{yd}$  – удельная сила притяжения электростатической плитой единичного электрода площадью  $1 \text{ см}^2$ , кгс/см<sup>2</sup>;

$S_{ак}$  – активная площадь притяжения детали, см<sup>2</sup>;

$K_n$  – коэффициент неплоскостности поверхности;

$K_з$  – коэффициент заполнения деталями рабочей поверхности плиты.

Значения коэффициента неплоскостности поверхности:

Таблица 2.1

Величина неплоскостности, мм	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
$K_n$	1	1	0,9	0,7	0,5	0,3

Значения коэффициента заполнения деталями:

Таблица 2.2

Заполнение деталями поверхности плиты	до 30%	до 50%	до 70%	до 90%
$K_3$	0,85	0,75	0,70	0,65

В общем случае удельная сила притяжения определяется зависимостью:

$$Q_{yd} = \frac{\varepsilon \cdot U^2}{8\pi d}$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость покрытия;

$U$  – разность потенциалов;

$d$  – толщина диэлектрического покрытия.

Анализ формулы показывает, что теоретически достижимы сколько угодно большие усилия притяжения, для чего необходимо увеличить значения  $\varepsilon$ ,  $U$  и уменьшить толщину диэлектрического слоя  $d$ . Однако на практике максимальное усилие притяжения ограничивается электрической прочностью диэлектрического покрытия.

Надежность закрепления деталей на ЭКУ определяется, в первую очередь, его тяговыми характеристиками, при этом большое влияние на качество обработки оказывает коэффициент трения деталей по диэлектрическому покрытию, определяющий возможность микросдвигов.

Усилие притяжения в ЭКУ чаще всего определяют путем замера силы отрыва закрепляемой детали, действующей нормально к плоскости притяжения устройства. Вполне допустим также и косвенный метод определения усилия притяжения ЭКУ, заключающийся в замере усилия сдвига деталей  $F_{сдвига}$ , т.е. при сдвиге детали за счет касательных усилий. В этом случае:

$$Q_{np} = \frac{F_{сдвига}}{f}$$

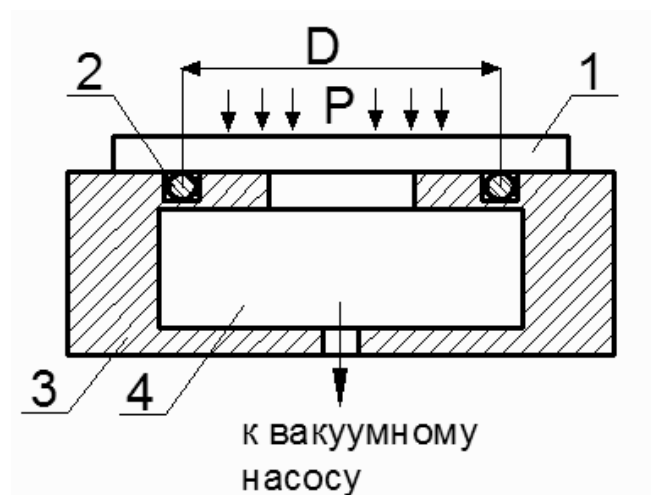
где  $f$  – коэффициент трения деталей по поверхности ЭКУ, который определяется экспериментально путем нагружения деталей нормальной нагрузкой с последующим сдвигом.

Следует отметить, что коэффициент трения, замеренный на обесточенном приспособлении, несколько отличается от коэффициента трения во время работы ЭКУ вследствие изменения механических характеристик диэлектрического покрытия под влиянием электростатического поля, что приводит к погрешностям в определении удельных усилий притяжения ЭКУ.

Для ЭКУ, предназначенных для механической обработки деталей, определяющим является усилие сдвига, так как усилие резания направлено преимущественно по касательной к рабочей поверхности приспособления.

#### 4.7.7 Вакуумные приводы

Вакуумные зажимные устройства работают по принципу прижатия заготовки атмосферным давлением. Они применяются для зажима заготовок из различных материалов с плоской или криволинейной базовой поверхностью (рис. 4.118).



- 1 – заготовка
- 2 – уплотнительное кольцо
- 3 – корпус приспособления
- 4 – полость; объем ее должен быть минимальным для уменьшения времени срабатывания.

Рис. 4.118 - Схема вакуумного зажимного устройства.

Атмосферное давление прижимает заготовку 1 к корпусу 3. Для получения герметичности системы делается уплотнение из вакуумного резинового шнура.

При установке заготовки чистой шлифованной базой допускается применение приспособлений без уплотнения.

При закреплении тонкостенных легко деформируемых заготовок на установочной плоскости делается ряд мелких тесно расположенных отверстий, через которые отсасывается воздух и происходит многоточечный прижим заготовки к установочной плоскости (рис. 4.119).

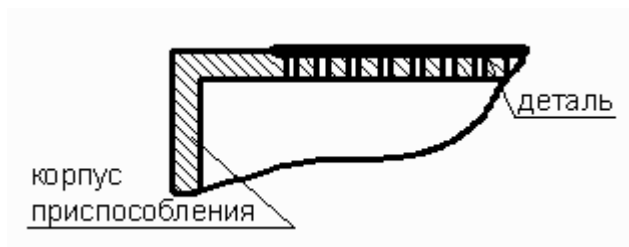


Рис. 4.119 - Схема закрепления легко деформируемых заготовок.

Сила, прижимающая заготовку, определяется следующим образом:

$$W = F (1,033 - P) K;$$

где  $F$  – полезная площадь прижима в  $\text{см}^2$  (площадь, ограниченная резиновым уплотнением – для жесткой детали и суммарная площадь отверстий в установочной плоскости – для тонкостенной детали);

$P$  – остаточное давление в вакуумной камере,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$K$  – коэффициент герметичности вакуумной системы ( $K=0,8 - 0,85$ ).

Вакуумные приводы применяются для чистовых операций.

#### **4.7.8 Центробежно-инерционные приводы**

В этих приводах силовым источником является центробежная сила инерции вращающихся грузов. Они применяются для быстроходных станков



токарной группы. Грузы обычно помещаются на шпинделе станка и им же приводятся во вращение.

Преимущество этих приводов в том, что они не требуют дополнительного источника энергии, просты в изготовлении и эксплуатации, включаются автоматически.

На рисунке 4.120 показана схема центробежно-инерционного привода.

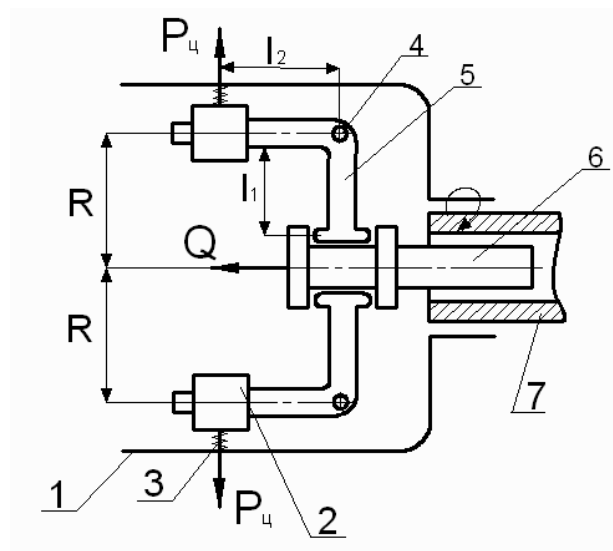


Рис. 4.120 - Схема центробежно-инерционного привода токарного станка.

Грузы 2 надеты на большие плечи рычагов 5, меньшие плечи связаны с тягой 6, пропущенной через полость шпинделя. Сам привод закреплен на заднем конце шпинделя. При вращении шпинделя грузы расходятся, поворачивая рычаги вокруг осей 4, при этом тяга 6 перемещается и приводит в действие зажимной механизм, установленный на переднем конце шпинделя станка. Возвращение грузов и раскрепление заготовки производится пружинами 3. Регулирование силы зажима производится перемещением грузов по рычагам.

Расчет тяговой силы производится по формуле

$$Q = \left( \frac{G R \omega^2}{g} - q \right) \frac{l_2}{l_1} \eta_{\text{рыч}} n;$$

где  $G$  – вес груза, кг;

$\omega$  – угловая скорость вращения относительно оси шпинделя, 1/сек;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;

$q$  – сопротивление пружины;

$n$  – число грузов.

$\eta_{\text{рыч}}$  - КПД рычажной системы.

#### 4.7.9 Приводы от движущихся частей станков

Используют в основном на сверлильных станках. На рисунке 4.121 показано подобное устройство, применяемое для многошпиндельных станков.

При опускании многошпиндельной головки 1, кондукторная плита 2 опускается вместе с ней до касания с деталью 3. При дальнейшем перемещении головки, плита через упор прижимает деталь за счет упругих сил пружин 4. Сила закрепления непрерывно растет и к концу сверления достигает максимума. При проектировании таких приспособлений необходимо подбирать размеры и другие параметры пружин таким образом, чтобы в начале сверления они развивали силу, достаточную для надежного закрепления заготовки.

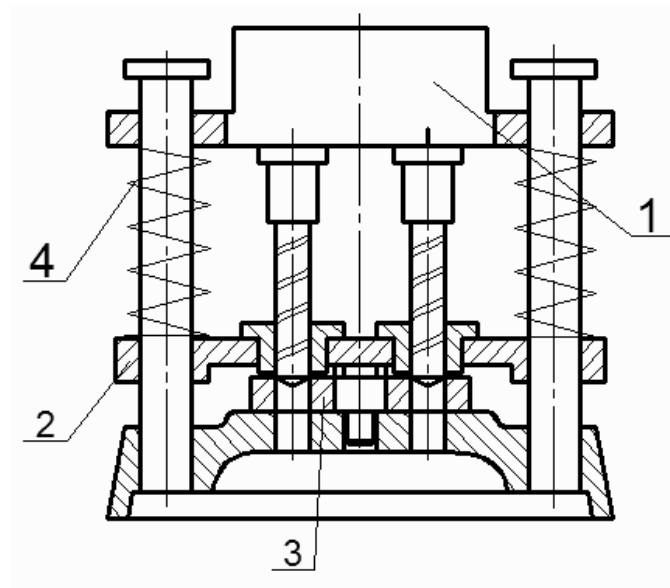


Рис. 4.121 - Схема зажимного устройства сверлильного станка.

При использовании подобных устройств рабочий освобождается от необходимости закрепления заготовки, поскольку это производится автоматически.

Недостаток таких зажимов – дополнительная нагрузка механизма подачи станка.

#### 4.7.10 Приводы от сил резания

Примером такого привода может служить схема (рис. 4.122) поводкового самозажимного патрона 1 с эксцентриковыми кулачками 2, применяемая на токарных многорезцовых станках. Заготовка 6 устанавливается в центрах. При установке кулачки 2 пружинами 5 прижимаются к заготовке. При резании сила  $P_z$  стремится повернуть заготовку, а вместе с ней кулачки вокруг оси 3. В результате заготовка заклинивается между кулачками. Для обеспечения равномерного зажима кулачки монтируются на плавающем ползуне 4. Угол подъема спирали кулачков  $12...20^\circ$ . Для открепления заготовки ее следует повернуть против часовой стрелки при остановленном шпинделе.

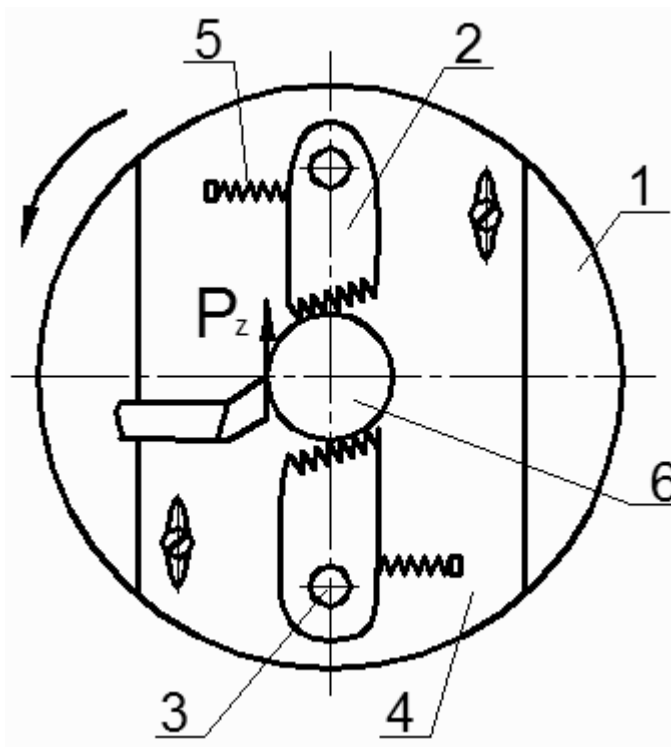


Рис. 4.122 - Схема поводкового патрона.

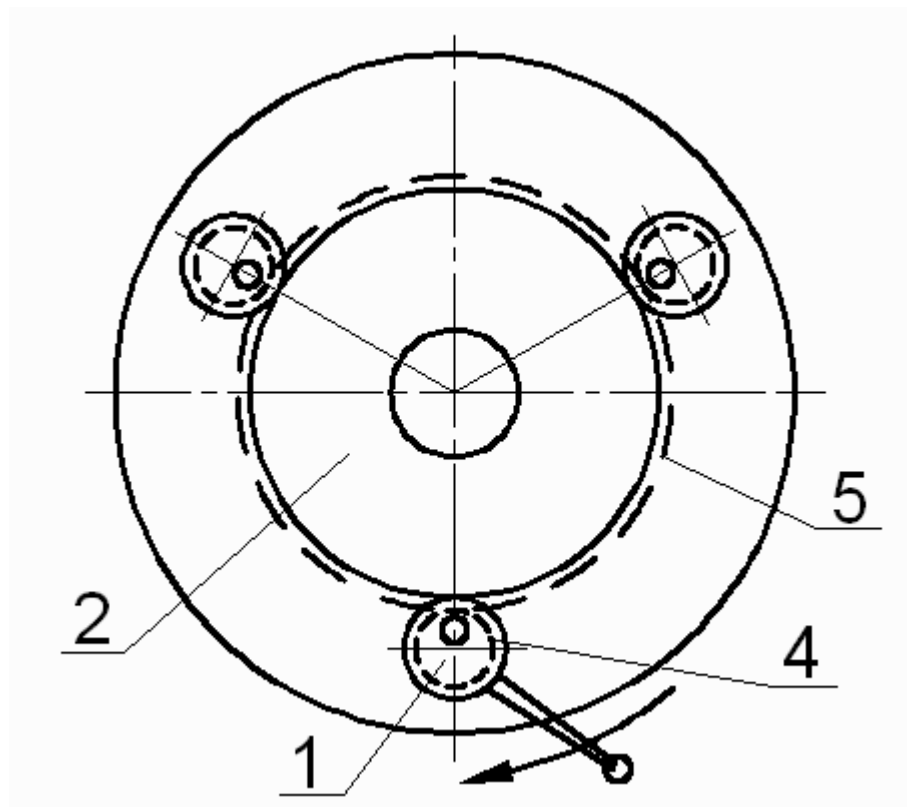


Рис. 4.123 - Схема зажима детали эксцентриками.

На рисунке 4.123 приведена схема патрона с тремя эксцентриками 1, с помощью которых заготовка 2 при сверлении в ней центрального отверстия самозажимается. Предварительную затяжку заготовки производят поворотом рукоятки 3. Так как эксцентрики связаны зубчатой передачей 4-5, то поворот их происходит синхронно, чем обеспечивается хорошее центрирование заготовки. Открепление достигается поворотом рукоятки в обратном направлении. Подобные приспособления применяют при сверлении отверстий в штамповках зубчатых колес перед их протягиванием.

Во всех рассмотренных примерах эффект заклинивания тем выше, чем больше момент резания, возникающий при обработке. При конструировании этих устройств необходимо учитывать, что сила расклинивания не должна быть чрезмерно большой.

## **4.8 Элементы приспособлений для определения положения и направления инструмента**

Эти элементы можно разбить на несколько групп:

- 1) элементы, которые определяют моменты прекращения подачи инструмента. Такими элементами являются упоры;
- 2) элементы для быстрой установки инструментов на размер. Такими элементами являются шаблоны и установочные;
- 3) элементы для направления осевого инструмента – кондукторные втулки;
- 4) элементы для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки – копиры.

### ***4.8.1 Упоры***

Работы, при которых необходима автоматическая остановка подачи инструмента много. Сюда относится сверление глубоких отверстий, нарезание в них резьбы, обработка конических отверстий зенкерами и развертками, подрезка деталей, подрезка ступней валиков на токарных станках и так далее.

Во всех этих случаях конечное положение инструмента во время работы определяется доведением движущихся частей станков с закрепленными в них инструментами до упора.

Например, при сверлении глухих отверстий ограничителем подачи может служить стопорное кольцо 1 (рис. 4.124), надеваемое на сверло. Когда кольцо дойдет до буртика втулки 2, будет получена нужная глубина отверстия. При глубине отверстия  $a$  стопорное кольцо обеспечивает вылет сверла  $a + b$ .

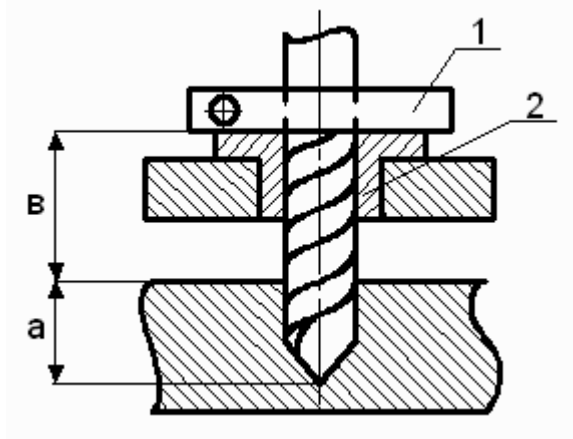


Рис. 4.124 - Применение упора при сверлении глухих отверстий.

Для токарных работ применяют упоры, устанавливаемые на станине станка. Они фиксируют момент прекращения подачи суппорта.

Работа по упорам должна сопровождаться автоматическими остановками.

#### 4.8.2 Шаблоны и установовы

При наладке и подналадке установка инструментов с помощью пробных стружек и промеров занимает много времени и часто сопровождается получением бракованных деталей, обрабатываемых при настройке. Значительным шагом по пути повышения производительности труда является применение элементов приспособлений, по которым производится установка инструментов на размер. Такими элементами являются шаблоны и установовы.

Применение шаблонов типично для токарных работ, а установов – для фрезерных.

На рис. 4.125,а показан пример установки двух подрезных резцов по шаблону 1.

Такой шаблон может быть *съемный* или *откидной*, шарнирно закрепленный. При настройке шаблон ставится в рабочее положение, а после закрепления резцов он снимается или откидывается в нерабочее положение.

Другим примером шаблона для установки резца может служить установочное кольцо 1 (рис. 4.126, б), которое одевается на оправку вместе с деталью 2. Резец подводится до соприкосновения с шаблоном (кольцом).

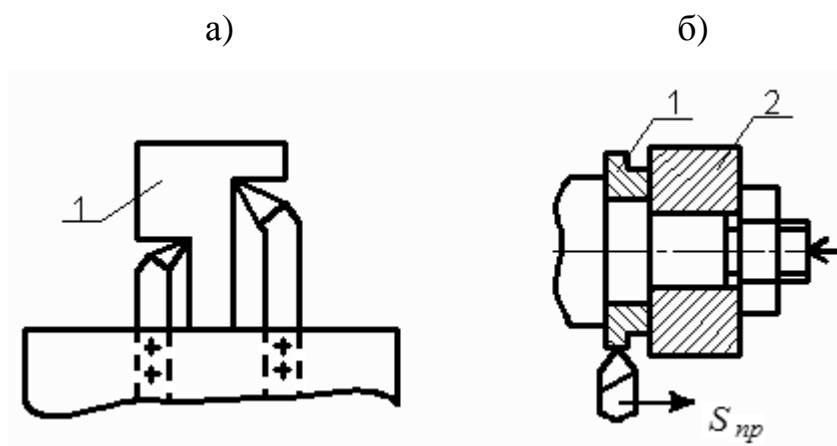


Рис. 4.125 - применение шаблонов при токарной обработке.

Особенно широкое распространение получили установки для установки на размер фрез.

Установы помещаются на корпусе приспособления так, чтобы они не мешали при установке и обработке детали, но в тоже время, чтобы к ним был свободный доступ инструмента.

Установы бывают *высотными* и *угловыми*. (ГОСТ 13444-68, 13445-68 и 13446-68).

Высотные установы 1 (рис. 4.126, а) применяются для установки фрезы в одном направлении.

Для установки фрезы в двух направлениях (например, при фрезеровании шпоночного паза нужно выставить инструмент по глубине паза и по оси детали) используются угловые установы 1 (рис. 4.126, б).

Установы закрепляют на корпусе приспособления; их эталонные поверхности располагают ниже обрабатываемых поверхностей, чтобы не мешать проходу режущего инструмента.

Правильное расположение инструмента определяется щупом-калибром толщиной 3-5 мм, который должен плотно, но без защемления входить в зазор между фрезой и установом. Погрешность настройки с помощью щупа – 0,02-0,003 мм.

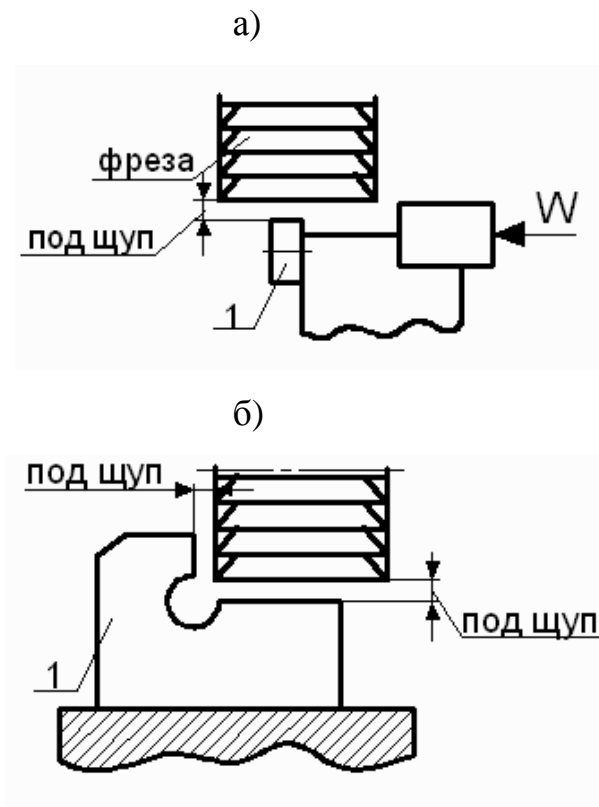


Рис.4.126 - Применение высотных (а) и угловых (б) установов при фрезеровании.

Погрешность настройки по установу без щупа:

$$\Delta_n = K \sqrt{\Delta_{изг.уст.}^2 + \Delta_{уст.инстр.}^2};$$

где  $\Delta_{изг.уст.}$  - погрешность изготовления установа (0,01...0,02 мм);

$$\Delta_{уст.инстр.} = 0,03...0,04 \text{ мм}; K=1...1,2.$$

Материал установов: сталь У7А, сталь 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости HRC 55...60.

### 4.8.3 Кондукторные втулки

Кондукторные втулки применяются в сверлильных и расточных приспособлениях для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов при обработке отверстий: сверл, зенкоров, разверток, борштанг и так далее.

Они обеспечивают:



- положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособления;
- повышают радиальную жесткость инструмента;
- применение втулок позволяет исключить операцию разметки и повысить производительность труда;
- обеспечивают повышение точности взаимного расположения отверстий, уменьшают его увод и повышают точность диаметра отверстия на 50% за счет повышения жесткости инструмента;
- позволяют работать на более высоких режимах резания.

Кондукторные втулки бывают:

- неподвижные и
- вращающиеся (на игольчатых и роликовых подшипниках).

*Вращающиеся втулки* применяют для направления расточных скалок и борштанг при большом диаметре обработки ( $d=20\dots75$ мм) и высоких скоростях резания. Вращение втулки вместе с инструментом значительно уменьшает износ ее рабочего отверстия и увеличивает срок службы.

*Неподвижные втулки* по конструкции разделяются на 4 группы:

- 1) постоянные;
- 2) сменные;
- 3) быстросменные;
- 4) специальные.

*Постоянные втулки* (рис. 4.127) устанавливаются либо непосредственно в корпус приспособления, либо в отдельную кондукторную плиту.

Постоянные втулки применяются в приспособлениях для единичного и мелкосерийного производства, а также в тех случаях, когда из-за малых перемычек между отверстиями нельзя разместить основные и сменные втулки. Они применяются для тех кондукторов, срок службы которых не потребует смены кондукторных втулок. Ориентированный срок службы кондукторных втулок 10...15 тысяч отверстий.



Рис. 4.127 - Конструкции постоянных кондукторных втулок: а – без буртика; б – с буртиком.

*Сменные втулки* (рис. 4.128,а) применяются для удобства и быстроты замены изношенных втулок непосредственно на станке, без снятия приспособления со станка. Они устанавливаются в промежуточную закаленную втулку, называемую основной или гнездовой. Сменные втулки крепятся винтом. Область применения сменных втулок – серийное и массовое производство.

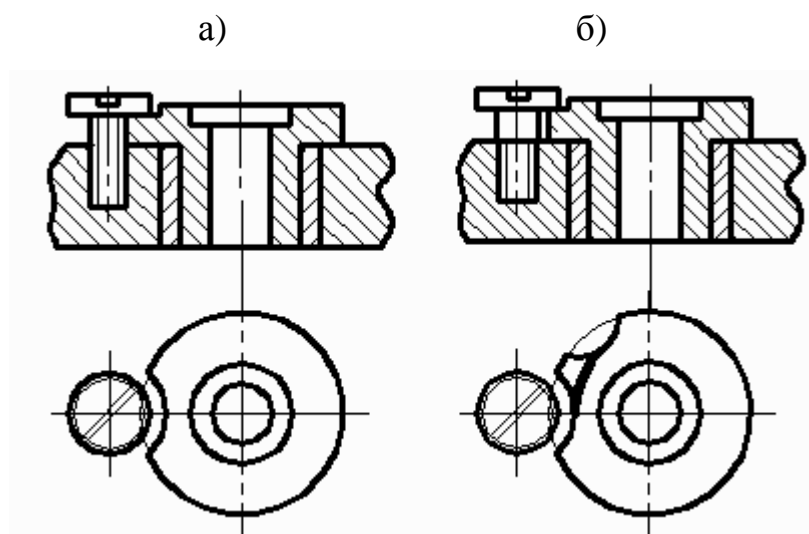


Рис. 4.128 - Конструкции сменных (а) и быстросменных (б) кондукторных втулок.

*Быстросменные втулки* (рис. 4.128,б) применяются при последовательной обработке отверстия несколькими разными инструментами (например, сверлом, зенкером, разверткой и др.). Это требует быстрой смены

инструмента и быстрой смены кондукторной втулки. Эти втулки отличаются от сменных тем, что рядом с выемкой для головки крепежного винта у них имеется вторая сквозная выемка по всей высоте буртика втулки. Эта выемка позволяет ставить и снимать втулки без отвинчивания крепежного винта. Для удобства использования буртик быстросменной втулки имеет накатку.

*Специальные втулки* (рис. 4.129) применяют в особых случаях, когда применение стандартных втулок невозможно или не дает эффекта.

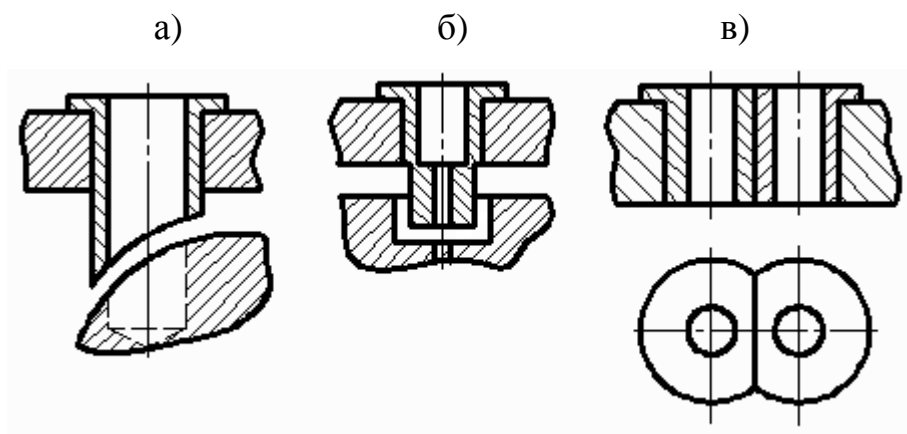


Рис. 4.129 - Конструкции специальных втулок: а – при сверлении отверстий на наклонных или радиусных поверхностях; б – отверстие расположено на значительном расстоянии от наружной поверхности детали; в – отверстия расположены очень близко друг к другу.

Материал втулок: кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25мм изготавливаются из стали У10А, У12А и калятся до твердости HRC 58-63. Основные втулки с  $d \leq 25$ мм изготавливаются из стали У7А и калятся до HRC 45-50. Все втулки с  $d > 25$ мм изготавливаются из стали 20, цементируются на глубину  $h=0,8-1,2$ мм и калятся до твердости HRC 60-65.

Значительное увеличение износостойкости втулок (в 5...8 раз) достигается изготовлением их из твердого сплава или запрессовкой в их нижнюю часть, где наблюдается наибольший износ, твердосплавных вставок.

#### 4.8.4 Копиры

Для обработки фасонных поверхностей на универсальных станках применяют приспособления, снабженные копирувальными устройствами. Назначение копиров заключается в обеспечении траектории относительно движения инструмента, необходимой для получения требуемого контура детали. При этом пропадает необходимость в разметке и в ручной подаче инструмента при обходе криволинейного контура. В результате повышается точность обработки контура и производительность труда на операции.

Наиболее общим случаем обработки по контуру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи, схема которой показана на рис. 4.130.

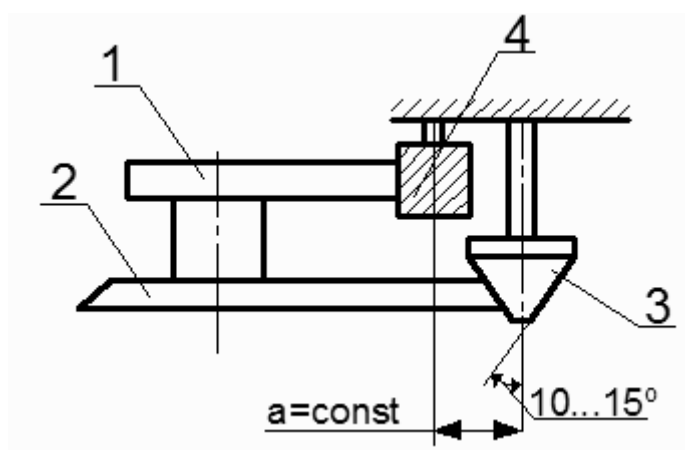


Рис. 4.130 - Схема обработки детали по контуру.

Закрепленные заготовка 1 и контур 2 вращаются вокруг общей оси. Оси ролика 3 и фрезы 4 находятся на постоянном расстоянии  $a$  и перемещаются вместе. Копир все время прижимается к ролику. Расстояние между осью вращения копира и осью фрезы меняется в соответствии с профилем копира, благодаря чему получается нужный профиль детали. Профиль копира находится графически. Он должен быть строго увязан с профилем обрабатываемой детали и диаметрами фрезы и ролика.

Для компенсации изменения диаметра фрезы после переточки ролик делается конической формы с углом между образующей и осью ролика 10...15°.

Копиры применяются при обработке на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках. Копиры и ролики изготавливаются из стали 20, цементируются и закаляются до твердости HRC 58...62.

#### 4.9 Делительные устройства

*Делительные устройства* применяются в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно инструмента.

Делительное устройство состоит из диска, закрепляемого на поворотной части приспособления, и фиксатора.

Фиксаторы обычно представляют собой стержни различной формы, которые монтируются на корпусе приспособления. В процессе обработки стержень заводится в одно из отверстий, предусмотренных в подвижной (поворотной) части, и жестко фиксирует ее относительно корпуса. Перед делениями или индексацией фиксатор выводится из отверстия, после чего осуществляется последующая фиксация. Количество делений (позиций) определяется количеством отверстий в подвижной части приспособления. Управление фиксаторами осуществляется вручную или автоматически.

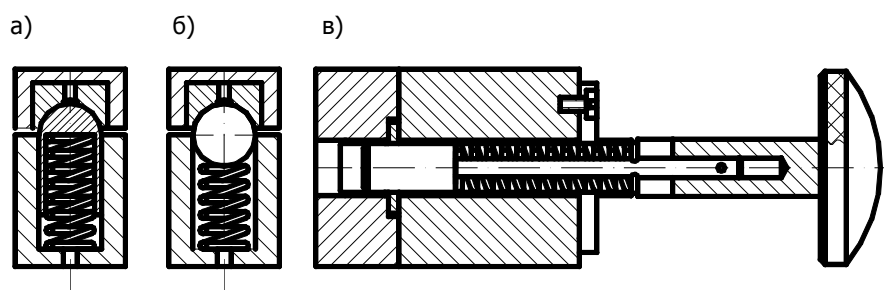


Рис. 4.131 - Примеры конструкции фиксаторов, применяемых в делительных устройствах: а – с погруженным пустотелым пальцем; б – с погруженным шариком; в – с вытяжным цилиндрическим пальцем: 1 – втулка; 2 – штифт; 3 – вытяжная кнопка; 4 – цилиндрический фиксатор.

Фиксаторы выполняются с цилиндрической, призматической и конической рабочей частью. Кроме того используются и шариковые фиксаторы. Однако они не обеспечивают точного деления и не воспринимают моментов сил обработки.

Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем может воспринимать момент от сил резания, но не обеспечивает высокую точность деления из-за наличия зазоров в подвижных соединениях. В фиксаторах обычного типа сопряжение пальца со втулкой осуществляется по посадке H7/g6, а в фиксаторах повышенной точности – по посадке H6/n5.

Суммарная погрешность шага, получаемая при делении и переносимая на обработанные детали, зависит от допуска  $\delta_1$  на расстояние между осями двух соседних фиксирующих втулок, от зазоров  $S_1$  и  $S_2$  в сопряжениях фиксатора со втулками и от возможного эксцентриситета  $A$  втулок.

$$\Delta S = S_1 + S_2 + \delta_1 + A.$$

Уменьшение погрешности достигается назначением соответствующих допусков и посадок.

Для уменьшения влияния зазоров и повышения точности применяют фиксаторы с конической или призматической частью. В этом случае  $S_1=1$ , однако, следует иметь в виду, что при малейшем загрязнении фиксирующего гнезда механизм не обеспечивает необходимой точности деления.

Угол конической или призматической части выбирают  $15^\circ$ .

Управление фиксаторами в простейших приспособлениях осуществляется вытяжной кнопкой, рукояткой, закрепленной на реечном зубчатом колесе или посредством педали. Фиксаторы основных конструкций выполняют по ГОСТ 13160-67, 13161-67, 13162-67, конструкции и основные размеры – по ГОСТ 12214-66 и 12215-66.

Кроме простых фиксаторов используются относительно сложные делительные механизмы типа делительных головок мальтийского креста (в тяжелых приспособлениях), с использованием храповых, кулачковых, червячных и реечных механизмов. Они имеют механический, пневматический или гидравлический привод.

В точных делительных устройствах фиксаторы разгружают (что повышает их срок службы) и подвижную (поворотную) часть приспособления прижимают к неподвижной специальными устройствами, повышая тем самым жесткость системы. Особенно это важно для фрезерных приспособлений, испытывающих большие нагрузки. Для этой цели используют эксцентриковые валики, применяют блокировку фиксирующего и зажимного механизма или фиксирующего и подъемного механизмов (сблокированные механизмы приводятся в действие одной рукояткой), и ряд других устройств (хомутики, конусные детали и т.п.).

В приспособлениях для обработки тяжелых заготовок поворотная часть вращается с помощью различных приводов (электро-, пневмо- или гидро-двигателей), и поэтому для гашения больших моментов в конце деления снабжены тормозными устройствами, заблокированными с системой привода и с фиксатором.

Таким образом, делительные механизмы достаточно сложны по конструкции. Они включают поворотные механизмы с приводом, делительные устройства с фиксатором, прижимы, тормозы и систему автоматического управления рабочим циклом. К этим механизмам предъявляются высокие требования точности, безотказности, долговечности и быстродействия в работе.

#### 4.10 Корпусы приспособлений

Корпус приспособлений представляют собой элемент, объединяющий в единую конструкцию отдельные части приспособления.

Корпус воспринимает все усилия, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки, и поэтому к нему предъявляется ряд специфических требований.

Корпус приспособления должен быть:

- 1) жестким и прочным при минимально возможном весе, что достигается ребрами жесткости;
- 2) обладать возможно большей устойчивостью. Для этого опорная поверхность должна быть прерывистой;
- 3) удобным для очистки от стружки и отвода СОЖ. Для этого необходимо избегать углублений и труднодоступных мест, а также предусматривать специальные наклонные плоскости (35-40°);
- 4) обеспечивать безопасную, быструю и удобную установку и съем заготовок;
- 5) обеспечивать установку и закрепление приспособления без выверки (с помощью шпонок, центрирующих поясков и т.п.);
- 6) простым и дешевым в изготовлении;
- 7) внешний вид должен отвечать требованиям технической эстетики.

Конструкция, форма и размеры зависят от конфигурации обрабатываемых в приспособлении деталей, а также от расположения установочных, зажимных силовых приводов и направляющих элементов и механизмов.

Сложность и трудоемкость изготовления корпусов определяется точностью и расположением его важнейших поверхностей, которыми являются:

- 1) поверхность, которой корпус соприкасается со станком;
- 2) поверхности под установочные элементы;



3) поверхности под направляющие элементы.

Поверхность корпуса, которой он устанавливается на стол станка, не делается сплошной, что бы не обрабатывать точно большие поверхности, а также чтобы стружка и случайные забоины не нарушали устойчивость приспособления. Опорная поверхность корпуса имеет ножки, отливаемые с ним заодно или прикрепленные.

Исключение составляют лишь корпуса приспособлений, устанавливаемых на магнитных столах и имеющих сплошную опорную поверхность.

Обычно приспособления прикрепляются к столу станка. Для этого корпус снабжается проушинами. Расстояние между проушинами и их ширина должны строго согласовываться с размерами пазов стола станка.

Для быстрой и точной установки приспособления на столе станка применяются направляющие шпонки, которые крепятся на опорной поверхности корпуса и входят в Т-образные пазы станка. Шпонки, как правило, две.

На шпинделе станка для установки приспособления имеется центрирующий пояс, а на корпусе приспособления необходимо предусматривать центрирующую выточку.

Поверхности под установочные элементы в корпусе приспособления необходимо делать выступающими для удобства и уменьшения трудоемкости их обработки.

Конструктивные формы корпусов многообразны. Они могут быть в виде прямоугольной плиты, планшайбы, угольника, тавра, корыта или другой более сложной формы.

Заготовки для корпусов могут получаться отливкой, сваркой, ковкой, резкой из сортового материала, а также сборкой из отдельных элементов.

Отливкой изготавливаются корпуса крупных размеров и сложной конфигурации. Этим способом можно получить заготовки минимальными по

весу, по большой жесткости и требующие минимальной механической обработки. Недостаток – длительные сроки изготовления.

Литые заготовки делают из чугуна СЧ12-28, СЧ 15-32. В отдельных случаях используются легкие сплавы на алюминиевой или магниевой основе.

В последнее время корпуса небольших приспособлений для легких и средних работ выполняют из эпоксидных смол отливкой.

Сваркой также можно получить корпуса сложной конфигурации. Они могут быть изготовлены быстрее и дешевле, но они уступают литым по внешнему виду. Кроме того, сварка вызывает деформацию корпуса, а возникающие в результате этих деформаций внутренние напряжения влияют на точность приспособлений.

Для сварных корпусов используют стали марки Ст. 3 и сталь 25.

Ковкой и резкой сортового материала получают корпуса небольших размеров и простой конфигурации.

Сборные корпуса облегчают использование нормализованных заготовок, но при этом возрастает объем механической обработки и снижается жесткость таких корпусов.

Большое значение для снижения стоимости изготовления приспособления и сокращения сроков его изготовления имеет стандартизация корпусов и их заготовок.

Из-за широкого конструктивного разнообразия корпусов их чрезвычайно трудно стандартизовать, это возможно только в ограниченных пределах (например, корпуса скальчатых кондукторов). Гораздо больший эффект дает стандартизация заготовок корпусов. Из единой стандартной заготовки можно путем съема «лишнего» металла получить достаточно большое число корпусов различных форм. Снижение стоимости корпуса при изготовлении стандартной заготовки достигается резким уменьшением стоимости последней при возможном относительно небольшом увеличении объема механической

обработки. Размеры литых заготовок корпусов регламентированы ГОСТ 12947-67 ... ГОСТ 12954-67.

Конструктивно более сложные корпуса можно изготавливать из стандартных элементов путем сборки. Сами элементы достаточно широко стандартизованы. Комплектом ГОСТов стандартизовано 18 типов (260 типоразмеров) элементов корпусов, из которых можно собрать наиболее часто встречающиеся корпуса фрезерных и сверлильных приспособлений для деталей до 400×400×700 мм.

#### **4.11 Вспомогательные элементы приспособлений**

К устройствам вспомогательного назначения относятся рукоятки, педали, выталкиватели, ограничители хода, подъемные устройства и др.

*Рукоятки и педали* обеспечивают удобство работы с приспособлением и облегчают труд рабочего.

*Выталкиватели* ручного и автоматического типа применяют для быстрого удаления небольших деталей из приспособлений. Выталкиватели повышают производительность и создают удобства в работе.

*Подъемные устройства* выполняют специальные технологические приемы. Примером может служить подъемный механизм расточного приспособления. Если нужно одновременно расточить несколько последовательно расположенных отверстий одного диаметра, то ввод борштанги в кондуктор обычного типа в исходное положение для растачиваемого отверстия невозможен.

В этом случае применяют подъемное устройство, на котором закреплена заготовка. В результате получаемого смещения оси необработанных отверстий по отношению к оси расточной скалки обеспечивается ее проход в заготовку. После этого подъемная часть опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления.

## **5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФИКСАЦИИ И КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Для ускорения установки и точной фиксации инструмента на станке применяются соответствующие приспособления, которые часто называются вспомогательным инструментом.

В большинстве случаев это сравнительно простые детали и устройства, значительная часть которых нормализована или стандартизована.

Однако иногда возникает потребность в специальных приспособлениях этого типа, которые применяются либо для значительного повышения производительности, либо для расширения технологических возможностей станков.

Для значительного повышения производительности универсальных станков применяются:

- многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки;
- многолезцовые поворотные резцедержатели к токарным станкам и др.

Для расширения технологических возможностей станков применяются приспособления:

- для изготовления кольцевых канавок и нарезания резьбы на сверлильных станках;
- для долбления шпоночных пазов на поперечно-строгальных станках;
- для точения сферических поверхностей на токарных и расточных станках и др.

### ***5.1 Приспособления для повышения производительности универсальных станков***

#### ***5.1.1 Многошпиндельные головки***

Они получили большое распространение в серийном и массовом производстве. Такие головки позволяют вести одновременную обработку

отверстий несколькими одноименными или разноименными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, метчиками, цековками).

Головки могут быть специальными и универсальными.

Специальными называются головки, предназначенные для обработки деталей с определенным расположением отверстий. Шпиндели таких головок не изменяют своего положения. Поэтому такие головки широко применяются в крупносерийном и массовом производствах для выполнения одной – двух операций.

Специальные многошпиндельные головки могут быть шестеренчатыми и шатунно-кривошипными.

Универсальными называются головки, предназначенные для обработки деталей с различным расположением отверстий. Шпиндели таких головок меняют свое положение и могут перестраиваться на обработку различных деталей. Поэтому такие головки применяются в серийном производстве. Значительный экономический эффект универсальные многошпиндельные головки дают при групповой обработке деталей.

При конструировании многошпиндельных головок с зубчатыми колесами очень существенными являются выбор простой и правильной кинематической схемы, при которой обеспечивается максимальная надежность и минимальные габариты головки.

Головки с шестеренчатым приводом состоят из следующих основных узлов:

- 1) сборный корпус;
- 2) центральный валик с ведущей шестерней, получающий вращение от шпинделя станка;
- 3) промежуточные валики с паразитными шестернями;
- 4) рабочие шпиндели с ведомыми шестернями и державками или патронами для закрепления инструментов.

Кинематические схемы очень разнообразны, и сложность их зависит от числа рабочих инструментов и их взаимного расположения (рис.5.1).

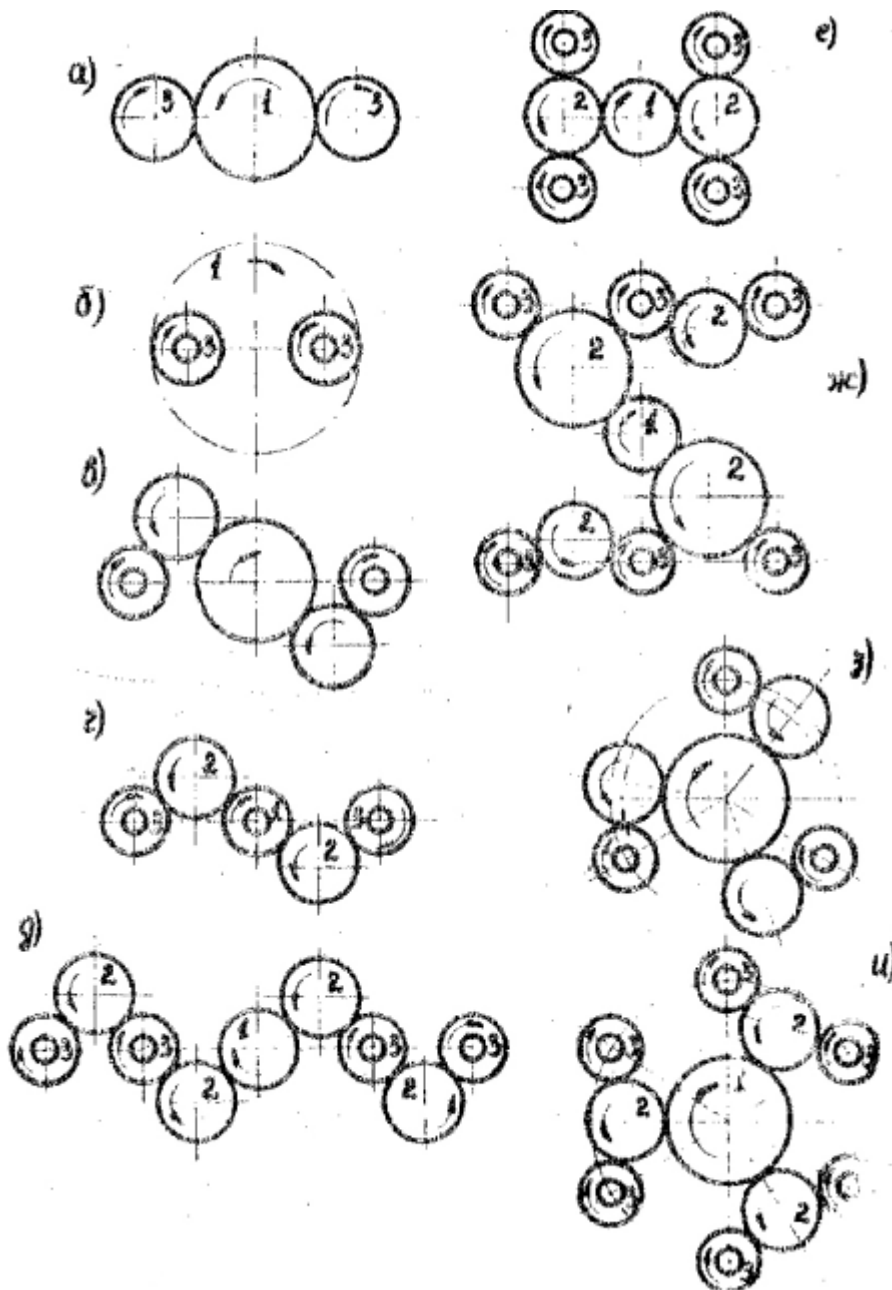


Рис. 5.1 - Типовые кинематические схемы многошпиндельных головок.

На рис. 5.1. приведены кинематические схемы многошпиндельных головок, где 1 – центральный валик с ведущей шестерней; 2 – паразитная шестерня; 3 – рабочий шпиндель.

Чем меньше количество паразитных шестерен в головке, тем удачнее ее кинематическая схема.

На рис. 5.2. дана конструкция специальной шестишпindelной головки для обработки отверстий, расположенных по окружности.

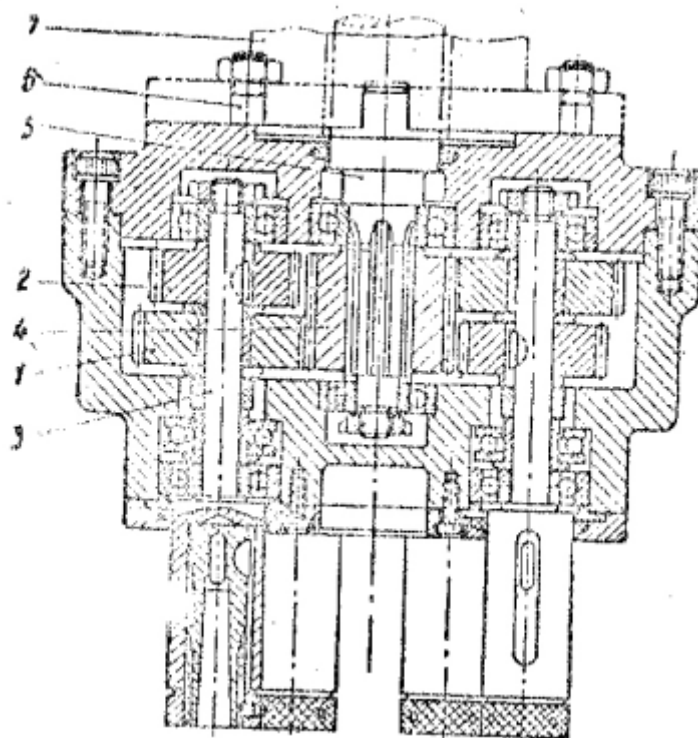


Рис. 5.2 - Специальная многошпindelная сверлильная головка.

Так как расстояние между отверстиями мало, то шестерни расположены в два яруса. Ведущий валик 5, получающий вращение от шпинделя станка передает вращение зубчатому колесу 4, имеющему удвоенную ширину. Шестерня 4 передает вращение двум паразитным шестерням 1, расположенным в нижнем ярусе и двум, расположенным в верхнем ярусе. Паразитные шестерни свободно сидят на рабочих шпинделях 3 и приводят во вращение рабочие шестерни 2 не на тех шпинделях, на которых сидят, а соседних. Нижние паразитные шестерни приводят во вращение по два соседних шпинделя, верхние – по одному.

На шпинделе станка головка центрируется при помощи цилиндрической выточки и крепится к фланцу 7 гильзы шпинделя станка шпильками 6.

Для обработки отверстий очень близко отстоящих друг от друга, а также при расположении отверстий не по окружности, а по более сложному контуру применяются головки с шатунно-кривошипным приводом. Схема такой головки приведена на рис.5.3.

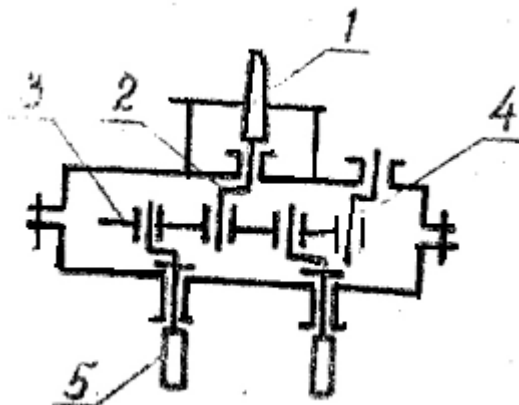


Рис. 5.3 - Схема многошпиндельной головки с шатунно-кривошипным приводом.

Вращение от шпинделя станка через корпус 1 передается на кривошип 2, который входит в поводковую плиту 3, поддерживаемую вторым кривошипом 4, имеющим такой же радиус, как и кривошип 2. Рабочие шпиндели 5, имеющие кривошипы такого же радиуса, приводятся во вращение поводковой плитой 3, которая может вращать любое количество шпинделей 5, расположенных в пределах ее габаритов.

При вращении шпинделя станка поводковая плита совершает плоскопараллельное движение, а все ее точки описывают окружности, радиус которых равен радиусу кривошипа. Число оборотов рабочих шпинделей равно числу оборотов станка.

Универсальные головки.

В производстве применяют две основные конструктивные разновидности универсальных головок.

1) колокольного типа с шарнирными телескопическими раздвижными приводными валиками (рис. 5.4,а).



2) с поворотными кронштейнами, в которых расположены рабочие шпиндели (рис. 5.4, б).

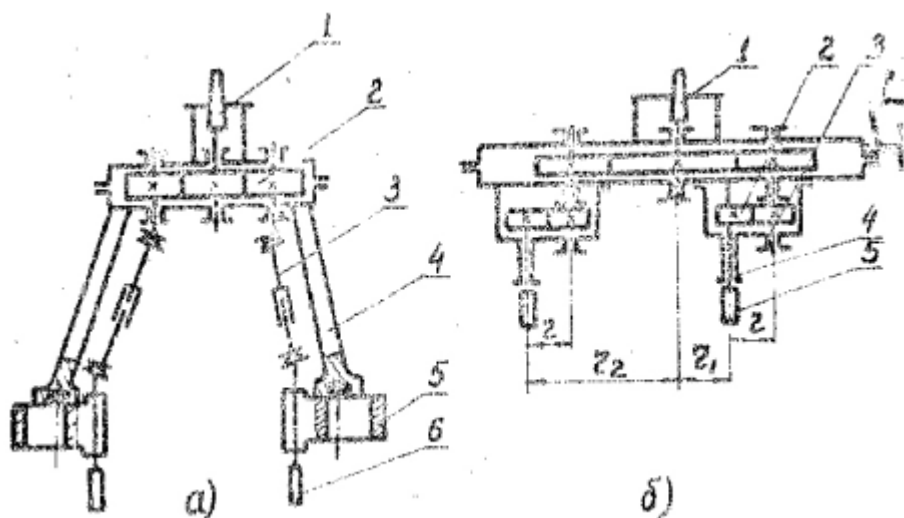


Рис. 5.4 - Схемы универсальных многошпиндельных головок.

На рис. 5.4,а показана схема универсальной головки колокольного типа. Корпус 1 с ведущей шестерней получает вращение от шпинделя станка и через шестерни 2 и телескопические валики 3 передает вращение на рабочие шпиндели 6. Державки шпинделей 5 могут перемещаться в радиальном направлении или по окружности и закрепляться в нужном положении болтами, головки которых входят в Т-образные пазы в нижней части колокола 4.

Схема многошпиндельной универсальной головки с поворотными кронштейнами дана на рис. 5.4, б.

Поворотный кронштейн 4 вместе с рабочими шпинделями 5 и шестерней 2 может поворачиваться вокруг оси I-I, обкатываясь вокруг шестерни 3. расстояние от оси головки до обрабатываемых отверстий может колебаться от  $z_1$  до  $z_2$ . Корпус головки от поворота удерживается стержнем 7.

В условиях серийного производства применяются многошпиндельные поворотные револьверные головки с количеством шпинделей от 3 до 7. Работа шпинделей происходит последовательно, каждый раз один из шпинделей

ставится в рабочее положение. При помощи таких головок можно последовательно сверлить, зенкеровать, развертывать отверстия, зенковать фаски, цековать бобышки, нарезать резьбу в отверстиях.

Многошпиндельные головки применяются и на фрезерных станках. Чаще это двух или четырех шпиндельные головки шестеренчатого типа, которые закрепляются на вертикальных направляющих станины. Они бывают универсальные и специальные.

### 5.1.2 Многорезцовые державки

Они применяются для сокращения времени обработки на токарных станках. Выполняются как правило поворотными (рис. 5.5).

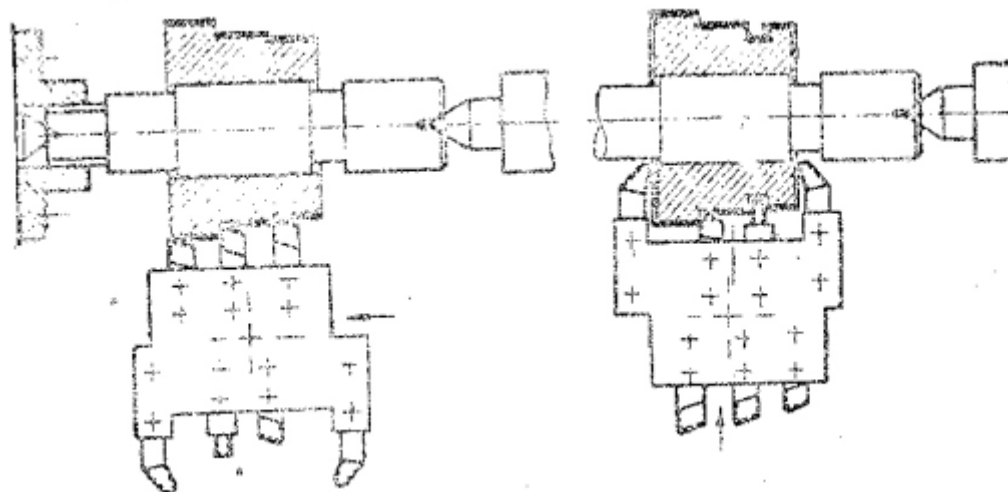


Рис. 5.5 - Многорезцовая державка.

Установка резцов производится по эталонным деталям или по шаблонам вне станка.

При помощи такого резцедержателя можно вести одновременную обработку нескольких поверхностей, используя продольную и поперечную подачи суппортов.

Аналогичные резцедержатели с наладками можно применять для обработки двух разных деталей.

## 5.2 Приспособления для расширения технологических возможностей универсальных станков

Эти приспособления являются дополнительными устройствами к универсальным станкам, которые позволяют выполнять на этих станках работы, выполняемые обычно на других станках. Это способствует лучшему использованию оборудования в условиях серийного производства и позволяет заменить дорогостоящее специальное оборудование более дешевым универсальным. Особенно широко применяются такие приспособления на сверлильных станках. На рис. 5.6 показано приспособление для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке.

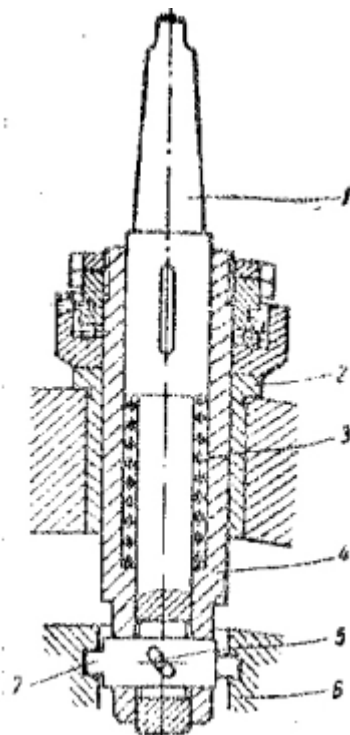


Рис. 5.6 - Приспособление для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке.

Валик 1, связанный со шпинделем станка, в нижней части имеет прямоугольное окно, куда вставляется расточная пластина-резец 7. Штифт 5, запрессованный в валик, входит в наклонный паз пластины-резца. Валик 1 находится в гильзе 4, которая направляется кондукторной втулкой 2. При подаче валика 1 вниз он движется вместе с гильзой 4 и пластиной 7 до тех пор,

пока втулка 8, одетая на гильзу, не упрется в бурт втулки 2. После этого гильза 4 с пластиной-резцом останавливается, а валик продолжая перемещаться вниз штифтом 5 выдвигает пластину-резец 7 в радиальном направлении, и ее режущая кромка растачивает кольцевую канавку. После обработки пружина 3 возвращает расточную пластину в исходное положение. Перемещая втулку 8 по гильзе 4, регулируют положение растачиваемой канавки по высоте.

На рис. 5.7. показано приспособление для расточки конусного отверстия на вертикально-сверлильном станке.

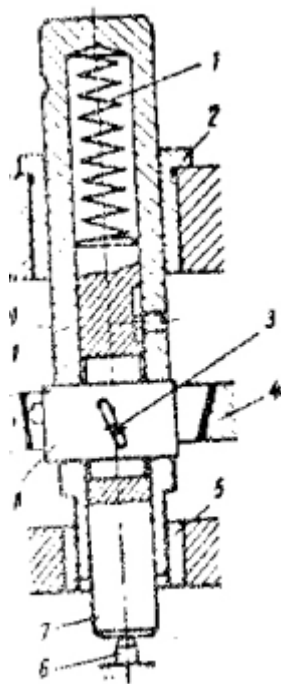


Рис. 5.7 - Приспособление для расточки конусного отверстия на вертикально-сверлильном станке.

Втулка 10 с помещенным в ней валиком 7 и пластиной 8 с резцом 9 получает перемещение вниз от шпинделя станка. Когда валик 7 доходит до упора 6, он останавливается, а втулка 10 с пластиной 8 продолжает перемещение. При этом пластина с резцом получает дополнительное радиальное перемещение благодаря тому, что наклонный паз пластины скользит по штифту 3, запрессованному в валике 7.

Для растачивания внутренних полостей в отверстиях применяется специальная скалка, показанная на рис. 5.8.

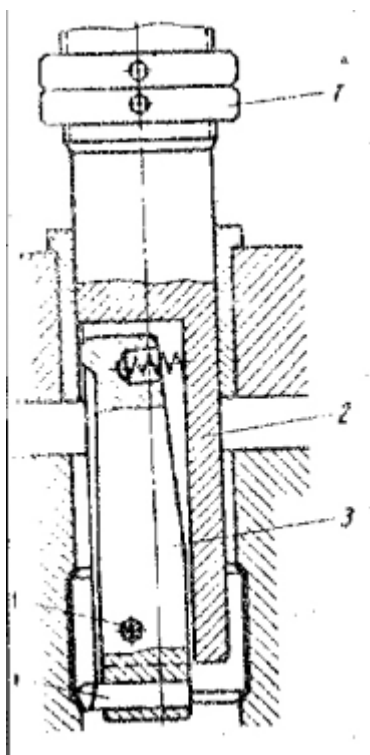


Рис. 5.8 - Скалка для растачивания внутренних полостей в отверстиях.

В продольный паз скалки 2 на оси 5 закрепляется подпружиненная качающаяся державка 3, имеющая на верхнем конце выступ 7. При подаче скалки вниз кондукторная втулка 6 отклоняет вправо выступ державки, а резец 4 выдвигается влево, и при дальнейшем перемещении резца вниз происходит протачивание выемки.

Приспособления, аналогичные рассмотренным, применяются для подрезки торцов и снятия фасок в труднодоступных местах.

## 6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Сверлильные приспособления предназначены для обработки отверстий на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных, сверлильных многошпиндельных, различных специальных и агрегатных станках.

Сверлильные приспособления характерны наличием специальных элементов приспособлений таких, как кондукторные втулки и кондукторные плиты.

Кондукторные плиты – это детали приспособлений, предназначенные для установки кондукторных втулок в нужном положении. Они подразделяются в зависимости от связи их с корпусом приспособления на следующие группы:

- постоянные или неподвижные;
- откидные или шарнирные;
- съемные;
- подвесные;
- подъемные.

1) Постоянные плиты выполняются за одно целое с корпусом приспособления, либо жестко прикрепляются к нему. Приспособления с такими плитами являются самыми точными, т. к. точность обработки в них зависит лишь от точности расположения и изготовления кондукторных втулок. С корпусом плита может крепиться с помощью сварки, с помощью винтов и штифтов (рис. 6.1, а, б, в).

2) Шарнирные или откидные плиты изготавливаются отдельно от корпуса, связываются с ним шарнирно и крепятся. Применяются в случаях, когда деталь устанавливается в приспособление со стороны кондукторной плиты. Точность обработки в таких приспособлениях ниже, чем в приспособлениях с постоянными плитами, а стоимость их выше. Область применения мелкосерийное и серийное производство (рис.6.1, г,д).

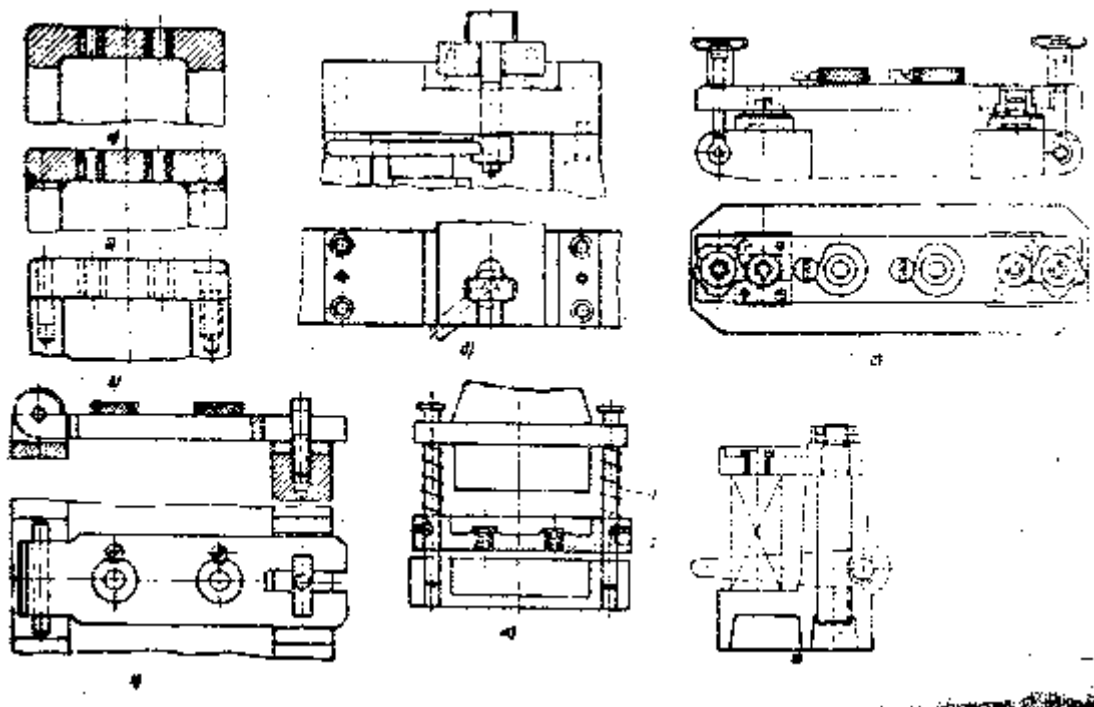


Рис. 6.1 - Кондукторные плиты сверлильных приспособлений.

3) Съемные плиты выполняются отдельно от корпуса и не имеют с ним постоянной связи. Координация плит на корпусе производится с помощью пальцев и втулок. Крепление плит производится откидными зажимами. Если плиты устанавливаются и закрепляются непосредственно на обрабатываемых заготовках, то они являются самостоятельными приспособлениями и носят название «накладные кондукторы». Область применения – мелкосерийное производство (рис. 6.1, e).

4) Подвесные плиты подвешиваются к шпинделю станка двумя направляющими колонками или же связываются с корпусом приспособления (рис. 6.1, ж). Эти плиты не требуют отдельного времени для удаления плиты при установке детали, так как они перемещаются вместе со шпинделем станка. Такие плиты применяются при многошпиндельной многопозиционной обработке. При однопозиционной (одно- или многошпиндельной) обработке такими плитами производят и закрепление деталей. Область применения – крупносерийное и массовое производство.

5) Подъемные плиты находятся в постоянной связи с корпусом приспособления посредством подвижных колонок (скалок), осуществляющих подъем плиты. Приспособления с такими плитами – скальчатые кондукторы – являются быстродействующими и широко применяются в крупносерийном и массовом производствах (рис. 126, з).

По конструкции скальчатые кондукторы делятся на две группы (рис.):

- консольные;
- порталные.

В конструкции скальчатого кондуктора имеются постоянные узлы и сменные наладки.

Постоянная часть нормализована и состоит из корпуса, скалок, механизма перемещения скалок и зажима заготовок.

Сменные наладки проектируются в соответствии с конфигурацией детали и состоят из установочно-зажимных узлов и сменной кондукторной плиты со втулками. Для фиксации и крепления сменных наладок в корпусе и плите предусмотрены центрирующие отверстия, установочные пальцы и т.п. элементы.

Без кондукторной плиты сверлильные приспособления применяются для таких видов обработки, как нарезание резьбы, обработка качающимися или плавающими инструментами и др.

Сверлильные приспособления в зависимости от положения, занимаемого заготовкой в процессе всей операции, делятся на:

- стационарные;
- поворотные;
- передвижные;
- опрокидываемые.

*Стационарными называются приспособления, в которых заготовка в продолжении всей обработки на данной операции остается неподвижной. Это*



самая многочисленная группа сверлильных приспособлений. Они применяются на расточных, вертикально-сверлильных и многошпиндельных станках.

*Поворотные приспособления* применяются для обработки отверстий, расположенных по окружности или с разных сторон детали. Бывают с горизонтальной (стойка), вертикальной (стол) и наклонной осью вращения.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве применяются нормализованные поворотные столы и стойки с ручным приводом. Для закрепления и базирования заготовок конструируются и изготавливаются сменные наладки.

В крупно-серийном и массовом производствах применяются специальные поворотные приспособления с механизированным приводом, благодаря чему часть приемов или все приемы цикла поворота механизуются или автоматизируются.

*Передвижные приспособления* применяются для обработки нескольких отверстий на вертикально-сверлильных станках. Кондукторные втулки приспособления поочередно подводятся под шпиндель станка. Если вес приспособления вместе с закрепленной заготовкой не более 15 кг и диаметр сверления не более 10 мм, то приспособление передвигается вручную и отверстия могут быть расположены в линию.

Область применения – мелкосерийное и серийное производства. В массовом и крупносерийном производствах для этих целей применяются многошпиндельные головки.

*Опрокидываемые (кантующиеся) приспособления* применяются для обработки отверстий, расположенных с разных сторон обрабатываемой детали. Для сверления отверстий с разных сторон приспособление вместе с закрепленной деталью кантуется и кондукторные втулки поочередно подводятся под шпиндель станка. Вес приспособления с деталью не должен превышать 15 кг, а диаметры обрабатываемых отверстий – не более 10 мм. Корпус такого приспособления снабжается ножками с разных сторон.

Область применения – серийное производство.

Пример конструкций сверлильных приспособлений смотри [1].

## 7. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ И КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

На станках этих типов применяются две основные группы приспособлений:

- приспособления для обработки деталей в центрах;
- приспособления для обработки деталей в шпинделе станка.

### 7.1 Приспособления для обработки деталей в центрах

Этому виду обработки подвергаются детали типа валов, втулок, фланцев (фланцы обрабатывают на оправках, которые устанавливаются в центрах).

В состав таких приспособлений входит комплект из двух центров (переднего и заднего), поводковое устройство и люнет (при обработке нежестких заготовок).

*Центры* по конструкции могут быть неподвижными или вращающимися, жесткими или плавающими, гладкими или рифлеными, прямыми или обратными. Посадочные поверхности центров выполняются по конусу Морзе.

На рис. 7.1 приведены конструкции упорных центров, применяемых для токарных и круглошлифовальных работ. При выполнении токарных работ, центры типа, показанного на рис. 7.1а, применяют главным образом в качестве передних, устанавливаемых непосредственно в шпинделе станка. При выполнении шлифовальных работ, а также токарных с особо высокой точностью деталь устанавливают на два таких центра. Угол при вершине рабочей части центра (рис. 7.1а), как правило равен  $60^{\circ}$ . Диаметр опорной части 3 имеет величину меньшую, чем меньший диаметр хвостовой части конуса, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

В процессе обработки детали в центрах передний центр вращается вместе с ней и служит только опорой, а задний центр при этом неподвижен.

Вследствие значительного нагрева при вращении он теряет твердость и интенсивно изнашивается. Поэтому задний центр изготавливают из углеродистой стали с твердосплавной рабочей частью.

Срезанные центры (рис. 7.1б) применяют при необходимости подрезания торцов заготовки, когда подрезной резец должен дойти почти до оси вращения заготовки. Шариковые центры (рис. 7.1в) используют при обтачивании конических поверхностей заготовки способом сдвига задней бабки в поперечном направлении. Рифленные центры (рис. 7.1г) используют при обработке заготовок с большим центровым отверстием без поводкового патрона, т.е., они служат в качестве установочно-поводковых устройств. Захват детали и одновременное центрирование осуществляются путем вдавливания детали в рифленую поверхность центра при перемещении пиноли задней бабки вместе с задним центром. Недостатком установки с помощью рифленого центра является повреждение отверстия на торце детали, что вызывает необходимость его подрезки или расточки отверстия после обтачивания наружной поверхности. Обратные центры (рис. 7.1д) применяют для установки заготовок меньших диаметров, имеющих прямую коническую заточку.

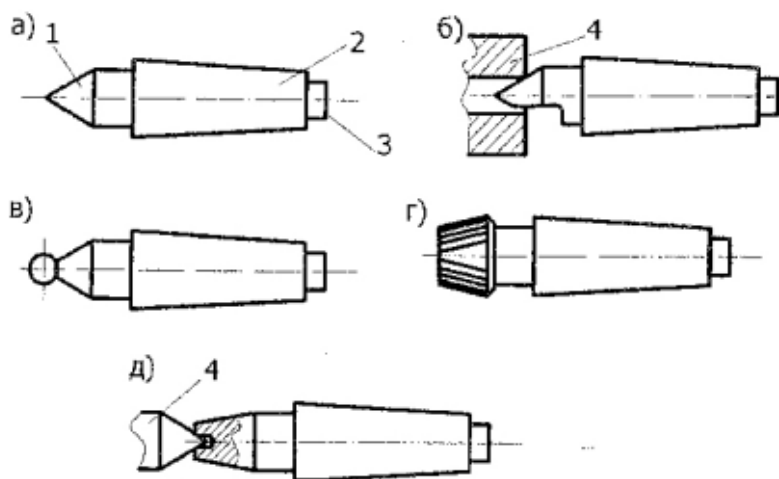


Рис. 7.1 - Основные конструкции центров: а – упорный (нормальный) центр; б – срезанный центр; в- шариковый центр; г – рифленный центр; д – обратный центр; 1 – рабочая часть; 2 0 хвостовая часть; 3 – опорная часть; 4 – устанавливаемая заготовка.

Вращающиеся задние центры (рис. 7.2) позволяют производить обработку на высоких скоростях и обеспечивают среднюю экономическую точность обработки на токарных станках. В зависимости от размеров и формы обрабатываемой детали, а также от величины радиальной нагрузки применяют вращающиеся центры I, II и III типов.

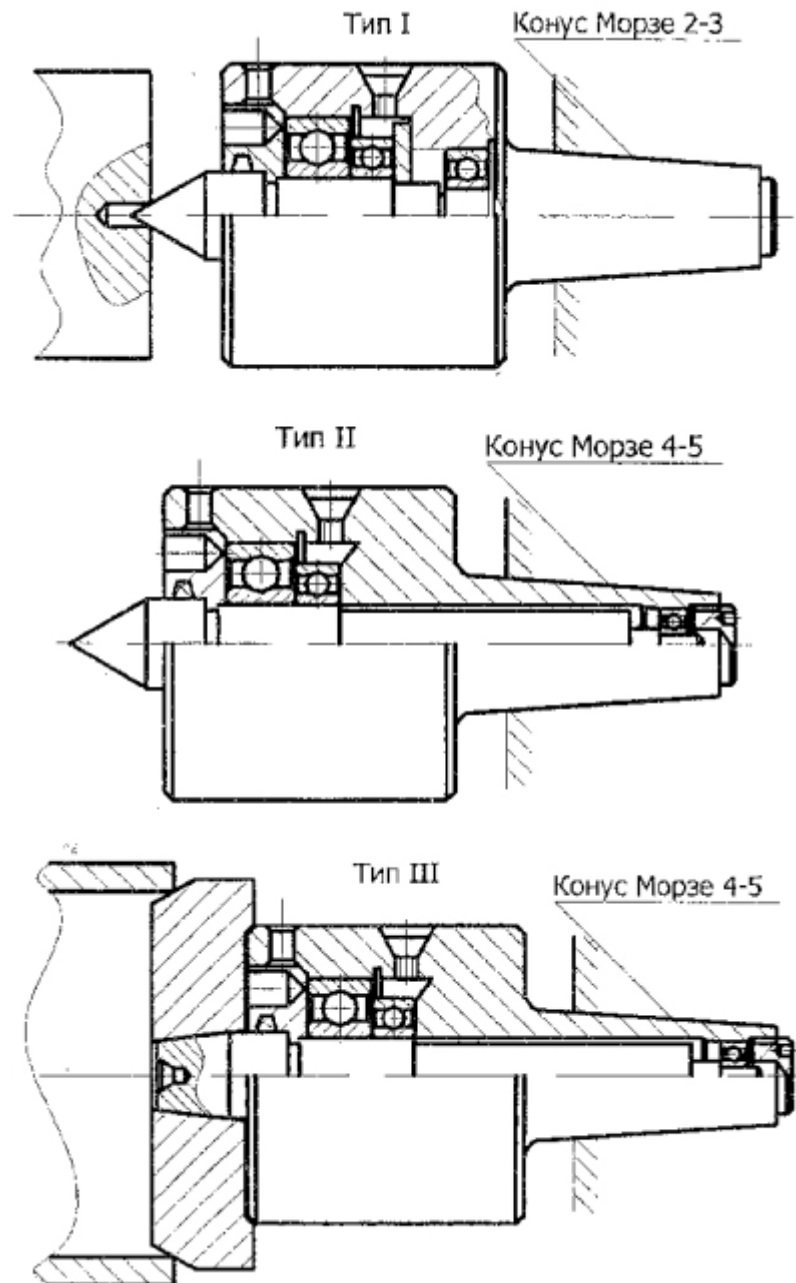


Рис. 7.2 - Конструкции вращающихся центров: тип I и II – для установки заготовок по центровым отверстиям; тип III – для установки полых деталей.

Типы I и II применяют для обработки валов. Конструктивно они различаются размерами и расположением подшипников качения, позволяющих воспринимать различные радиальные нагрузки. Тип III, так называемый грибковый вращающийся центр, предназначенный для обработки деталей, имеющих большие отверстия, по конструкции отличается от типа II только измененной формой конической части.

*Поводковое устройство* это механизм, связывающий деталь, установленную в центрах, со шпинделем станка.

Они предназначены для передачи вращения от шпинделя станка к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах. В качестве таких устройств применяются поводковые патроны с хомутиками, которые могут быть с отогнутым или прямым хвостиком. В первом случае отогнутый конец хомутика входит в паз планшайбы, накрутой на конец шпинделя, а во втором захватывается пальцем, закрепленным на планшайбе. Для предотвращения вибраций в процессе работы планшайба с пазом или планшайбы в сборе с пальцем должны быть сбалансированы.

На рис. 7.3 показана схема обтачивания заготовки 1, установленной в центрах 2 и 3 с приводом от поводкового патрона. Передача вращения осуществляется поводковым патроном 4, установленным на шпинделе станка, через палец-поводок 5 к хвостовику 6 хомутика, закрепленного на заготовке.

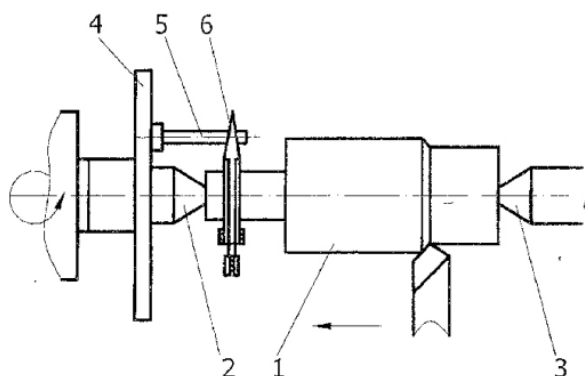


Рис. 7.3 - Схема обтачивания при установке заготовки в центрах с приводом вращения от поводкового патрона: 1 – обрабатываемая заготовка; 2 и 3 – центры; 4 – поводковый патрон; 5 – палец-поводок; 6 – хомутик.

Хомутик надевают на обрабатываемую деталь и, как правило, закрепляют винтом (рис. 7.4а). Более удобны в работе самостягивающиеся хомутики (рис. 7.4б). В конструкции такого хомутика хвостовик 2 закреплен в корпусе 5 подвижно на оси 4. Нижняя часть хвостовика 2, обращенная к детали, выполнена эксцентрично по отношению к оси 4 и имеет по поверхности насечку. Для установки хомутика на деталь хвостовик 2 наклоняют в сторону пружины 3, которая создает предварительную затяжку детали хвостовиком. Окончательную затяжку в процессе обработки обеспечивает палец-поводок 1 поводкового патрона.

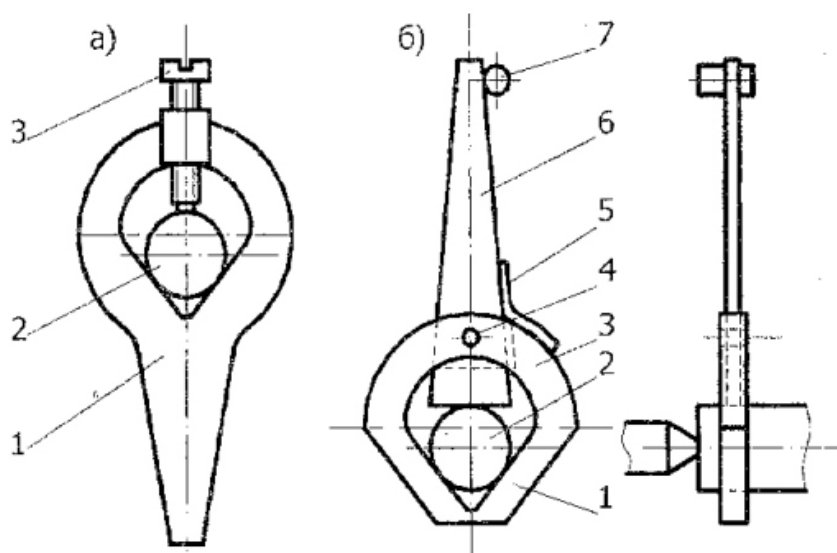


Рис. 7.4 - Конструкции хомутиков: а – обычный; б – самостягивающийся;  
 1 – корпус; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – зажимной болт; 4 – ось;  
 5 – пружина; 6 – хвостовик; 7 – палец поводкового патрона.

К недостаткам поводковых хомутиков, применяемых при обработке валов относятся: значительные затраты времени на установ, зажим и снятие хомутика; невозможность осуществления обработки по всей длине вала.

Для устранения указанных недостатков существует большое число разнообразных поводковых устройств, применение которых определяется формой и размерами вала, требуемой точностью обработки и типом

производства. Например, при обработке пустотелых валов в качестве центрирующе-поводкового устройства можно использовать рифленный передний центр (рис. 7.1г).

В процессе обработки ступенчатых валов по упорам или копиру невозможно выдержать точные размеры по длине ступеней, так как заготовка может иметь различные положения вдоль своей оси из-за разной глубины центрального отверстия, обращенного к переднему центру. В этом случае в качестве поводково-центрирующего устройства применяют конструкцию с плавающим центром.

Конструкция поводкового плавающего переднего центра показана на рис. 7.5. Устройство представляет собой корпус 1, устанавливаемый в коническое отверстие шпинделя станка. В корпусе по скользящей посадке перемещается плавающий центр 2, постоянно поджимаемый к сменному зубчатому диску 4 пружиной 3. Установку и закрепление детали производят с помощью задней бабки, которая перемещает деталь вместе с центром до тех пор, пока она не врежется в имеющиеся на торце диска 4 зубья. В данном случае зубья выполняют функцию поводка и передаваемый ими крутящий момент вполне достаточен для многих видов обработки. Образующиеся на торце обрабатываемой детали вмятины удаляются при последующей обработке путем подрезки или зачистки торца.

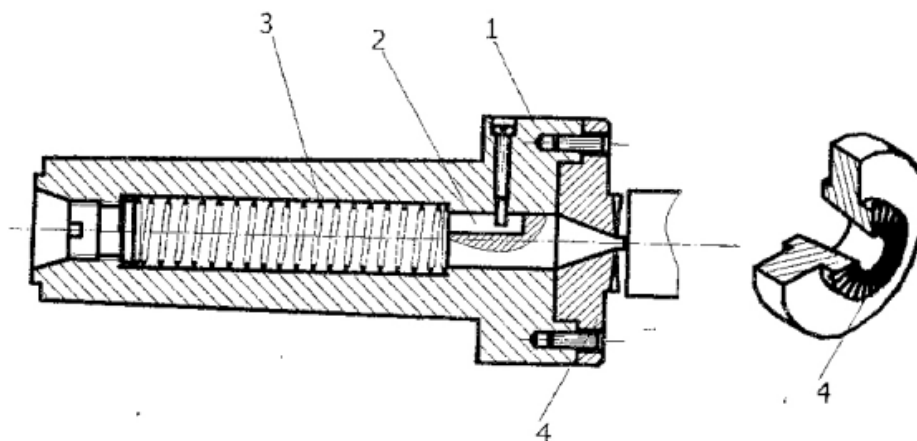


Рис. 7.5 - Конструкция поводкового плавающего переднего центра: 1 – корпус; 2 – плавающий центр; 3 – пружина; 4 – сменный зубчатый диск.



*Оправки.* Они представляют устройства для установки деталей по имеющейся в них каким-либо отверстиям: цилиндрическим, коническим, резьбовым и т.д.

Рассмотрим оригинальную конструкцию пневматической оправки с гидропластом, приведенную на рис. 7.6.

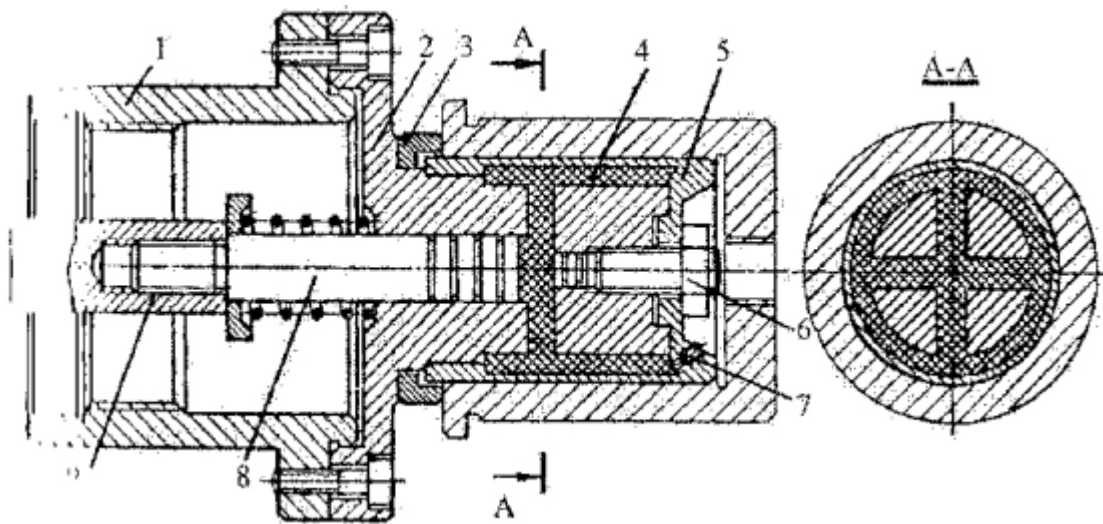


Рис. 7.6 - Конструкция пневматической оправки с гидропластом.

Оправка состоит из планшайбы 1, к которой винтами прикреплен точно сцентрированный корпус оправки 2. На корпусе установлены упорное кольцо 3 и тонкостенная втулка 5, закрепленная гайкой 6. При перемещении штока 9 пневмопривода давление через плунжер 8 передается на гидропласт 4, при этом происходит деформация втулки 5 и закрепление за счет этого детали. Винт 7 предназначен для удаления воздуха в процессе заливки гидропласта.

При обработке деталей, установленных на оправки, часто в качестве поводкового устройства применяют поводковые скобы. Эти поводки имеют форму скобы или диска с прямоугольным отверстием, в которое вставляется оправка своим концом с лысками.

*Люнеты* применяются главным образом при обработке длинных деталей ( $l=12\dots 15d$ ) для предотвращения их прогиба под действием сил резания и свободного веса детали. Люнеты бывают подвижные и неподвижные.

Неподвижный люнет (рис. 7.7, а) устанавливают на направляющих станины станка и крепят прижимной планкой 5 с помощью болта и гайки 6. Верхняя часть 1 неподвижного люнета откидная, что позволяет снимать и устанавливать заготовки на кулачки или ролики 4 люнета, которые служат опорой для обрабатываемой заготовки и поджимаются к детали винтами 2. После установки и выверки положения заготовки с помощью винтов 2, они фиксируются болтами 3. На обрабатываемой заготовке в месте установки роликов люнета, протачивают канавку, выполняя ее посередине заготовки.

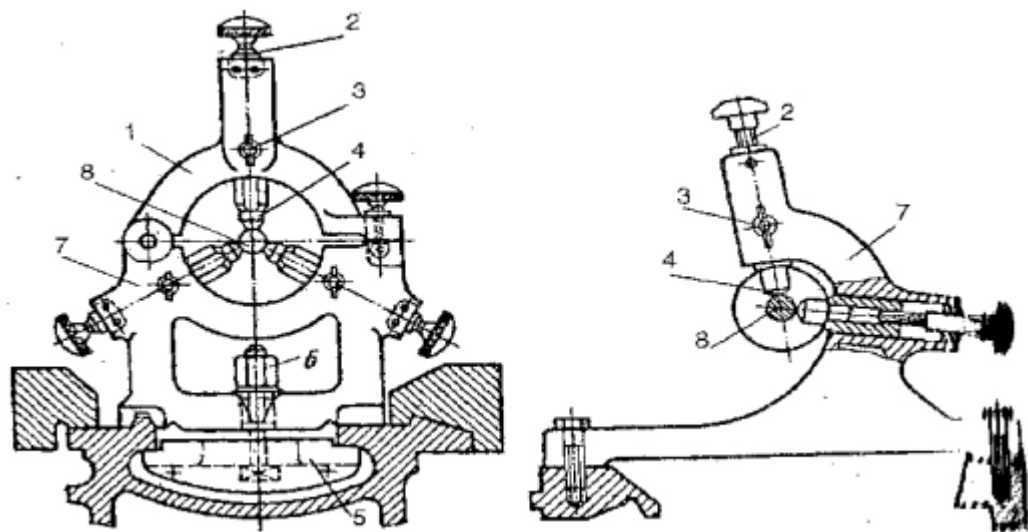


Рис. 7.7 - Конструкции люнетов: а – неподвижного; б – подвижного;  
 1 – верхняя часть люнета; 2 – винт; 3 – болт; 4 – кулачки люнета;  
 5 – прижимная планка; 6 – болт с гайкой; 7 – корпус; 8 – заготовка.

Подвижный люнет (рис. 7.7, б) крепится на каретке суппорта и в процессе обработки перемещается вдоль обрабатываемой заготовки. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки, а роль третьей опоры выполняет резец.

Люнеты также бывают *универсальными* с раздвижными опорными кулачками, пригодными для обработки различных деталей, и *специальными*, предназначенными для обработки деталей одного определенного диаметра.

## **7.2 Приспособления для обработки деталей в шпинделе станка**

К этой группе приспособлений относятся приспособления и многочисленные нормализованные самоцентрирующие механизмы – патроны. Эти приспособления устанавливаются и закрепляются либо непосредственно на шпинделе станка с центрированием по цилиндрической или конической части шпинделя, либо на переходную планшайбу, которая подгоняется по шпинделю станка. Планшайба имеет специальный центрирующий пояс, на который одевается приспособление по посадкам H/h или H/n, и резьбовые отверстия для крепления его винтами. Планшайбу изготавливают к станку один раз и используют ее для установки и закрепления различных приспособлений.

### ***7.2.1. Патроны специальных конструкций***

Специальными называются несамоцентрирующие патроны. В таких приспособлениях деталь устанавливается в призмах, на пальцах и других установочных элементах, которые располагаются на планшайбе или специальном кронштейне, перпендикулярном планшайбе. К этой группе относятся также поворотные передвижные приспособления, предназначенные для последовательного совмещения осей обрабатываемых отверстий или поверхностей с осью шпинделя. Такие приспособления применяются в серийном производстве. Привод ручной с использованием винтовых, рычажных и клиновых зажимов.

Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков преимущественно применяют для закрепления деталей некруглой и несимметричной формы. Он состоит (рис. 7.8) из корпуса 1, в котором выполнены четыре паза, в каждом из них смонтирован кулачок 4 с винтом 3 для независимого перемещения кулачка по пазам в радиальном направлении. От осевого смещения винт 3 удерживается сухарем 2. На передней поверхности патрона нанесены концентрические риски (расстояние между ними 10-15мм), которые позволяют выставить кулачки на одинаковом расстоянии от центра

патрона. Кулачки могут быть повернуты на  $180^\circ$  для закрепления заготовок по внутренней или наружной поверхности.

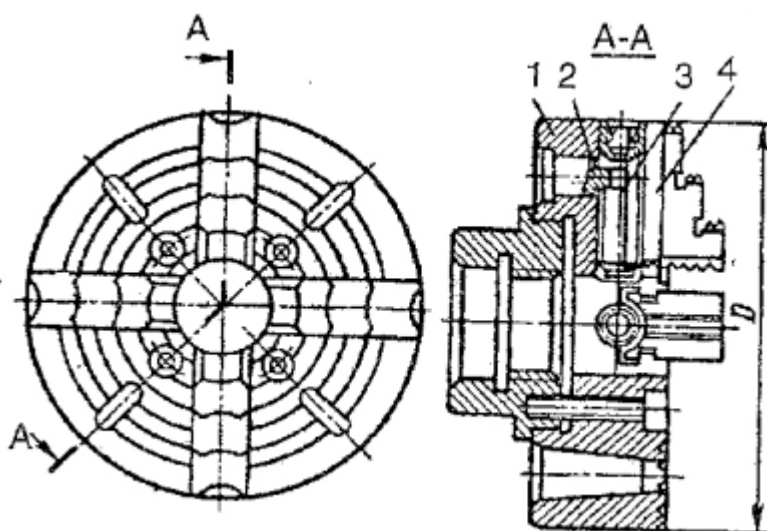


Рис. 7.8 - Конструкция четырехкулачкового патрона с независимым перемещением кулачков: 1 – корпус; 2 – сухарь; 3 – винт; 4 – кулачок.

Установку и закрепление деталей сложной формы не всегда можно выполнить даже в четырехкулачковом патроне с независимым перемещением кулачков. В таких случаях установку производят на планшайбах, угольниках или в специальных приспособлениях.

Планшайба 2 представляет собой плоский диск, который крепится к фланцу 1, установленному на шпинделе станка (рис. 7.9, а). На рабочей поверхности планшайбы имеется 4-6 Т-образных канавок и большое число прорезей, расположенных в различных направлениях. Заготовку устанавливают, ориентируя ее по плоскости планшайбы, а совпадение оси обрабатываемой поверхности заготовки с осью шпинделя выверяют с помощью рейсмуса, индикатора, заднего центра и т.д. Заготовку, после выверки ее положения, закрепляют прихватами, для чего головки болтов устанавливают в Т-образные или другие пазы. Для обтачивания с одного установа нескольких уступов или растачивания отверстий с выдержкой координат между ними применяют универсальные угольники, позволяющие перемещать деталь в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

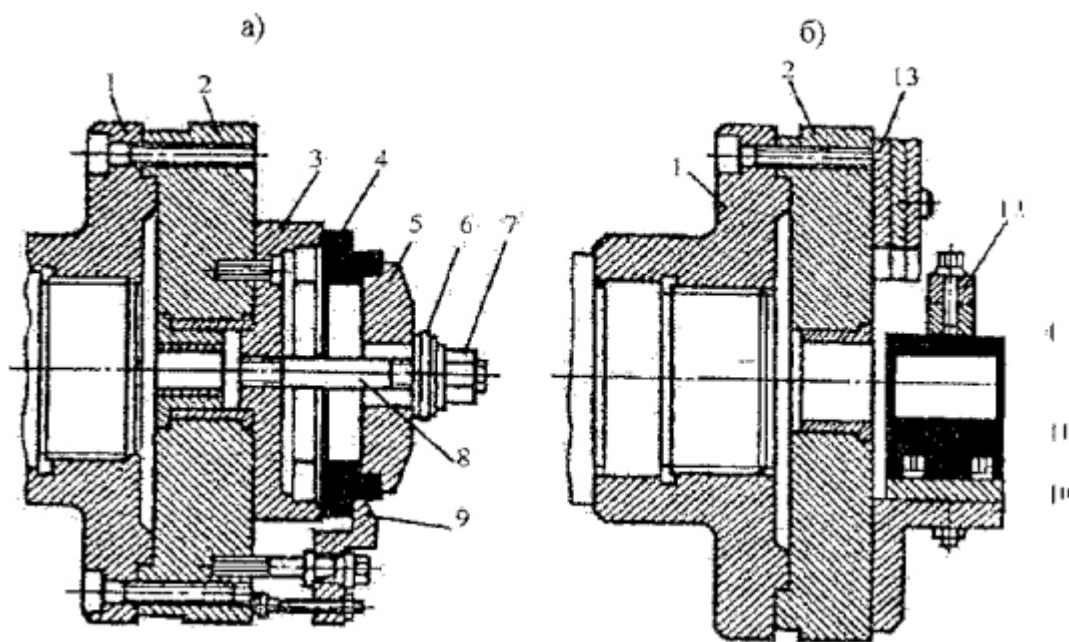


Рис. 7.9 - Конструкции планшайб для установки и закрепления деталей сложной формы: а – колец; б – кронштейнов; в – крышек, фланцев; 1 – фланец; 2 – планшайба; 3 – опорная втулка; 4 – заготовка; 5 и 6 – шайбы; 7 – гайка; 8 – винт; 9 – прихват; 10 – угольник; 11 – центрирующие кольца; 12 – откидной зажим; 13 – противовес.

При обработке наружных поверхностей (рис. 7.9, а) заготовку 4 типа кольца устанавливают на опорную втулку 3 и закрепляют шайбами 5, 6 и винтом 8 с гайкой 7. При обработке внутренних поверхностей закрепление заготовки осуществляется с помощью прихватов 9.

На рис. 7.9, б показано закрепление заготовки 4 типа кронштейна. Ее устанавливают на угольнике 10 по центрирующим пальцам 11 и закрепляют откидным зажимом 12. Возникающий при этом дисбаланс устраняют с помощью противовеса 13. На рис. 3.11в,г показано закрепление заготовок типа колец, крышек, фланцев и т.п., которые крепятся к планшайбе 2 прихватами 9.

### 7.2.2 Самоцентрирующие патроны

Характерной особенностью этих патронов является наличие механизма, с помощью которого совмещается ось детали с осью вращения шпинделя станка.

Самоцентрирующие патроны делятся на группы в зависимости от конструкции рабочих элементов устанавливающих и зажимающих деталь:

- кулачковые;
- цанговые;
- мембранные;
- плунжерные;
- гидропластовые;
- клиношариковые.

Кулачковые, мембранные, гидропластовые и клиношариковые – наиболее точные.

Привод – ручной, механизированный, автоматизированный. Достоинства и недостатки зависят от самоцентрирующего механизма и привода.

В зависимости от количества кулачков: 2, 3, 4 – кулачковые; 2 и 3 – самоцентрирующие; 4 – как правило, несамоцентрирующие.

Форма кулачков – различная в зависимости от формы и чистоты обрабатываемой поверхности. Рифленая используется при обработке черновых баз (коэффициент сцепления 0,8-0,9).

Кулачки могут быть прямые (зажим по наружной поверхности) и обратные (зажим по внутренней поверхности).

Наиболее распространенным является самоцентрирующий трехкулачковый патрон, общий вид и принципиальное устройство которого показаны на рис. 7.10.

Кулачки 1, 2, 3 перемещаются одновременно в радиальном направлении по спирали на диске 4, в витки которой они заходят своими нижними выступами. На противоположной стороне диска нарезано коническое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 поворачивается диск 4, который посредством спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения колес 5 кулачки

приближаются или удаляются от центра, соответственно зажимая или освобождая деталь. Как правило, кулачки изготавливают трехступенчатыми, а для повышения износостойкости их закаливают. Различают кулачки для закрепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям.

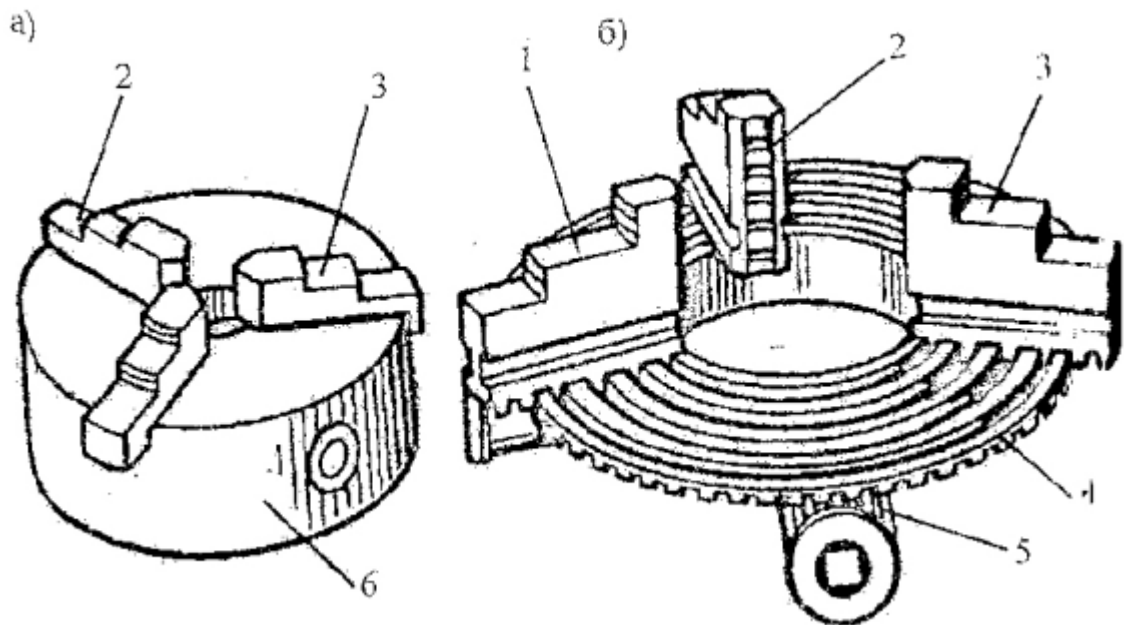


Рис. 7.10 - Самоцентрирующий трехкулачковый патрон: а – его общий вид;

б – принципиальная схема привода кулачков; 1, 2 и 3 – кулачки;

4 – поворачивающийся диск; 5 – коническое зубчатое колесо; 6 – корпус патрона.

В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют детали круглой и шестигранной формы или круглые прутки.

Двухкулачковые самоцентрирующие патроны применяют для установки деталей, форма которых неудобна для зажима в трехкулачковых патронах. В частности различные фасонные отливки и поковки, причем кулачки таких патронов часто предназначены для закрепления только одной детали. Патроны выполняют как ручным, так и механизированным зажимом.

На рис.7.11 в качестве примера показана конструкция клинорычажного двухкулачкового самоцентрирующего патрона с пневмоприводом. Патрон представляет собой корпус 1, в котором установлена втулка 12, с закрепленной на ней гайкой 6, имеющей наклонные площадки А, рычаги 13 и основания 2 кулачков, несущих сменные кулачки 4.

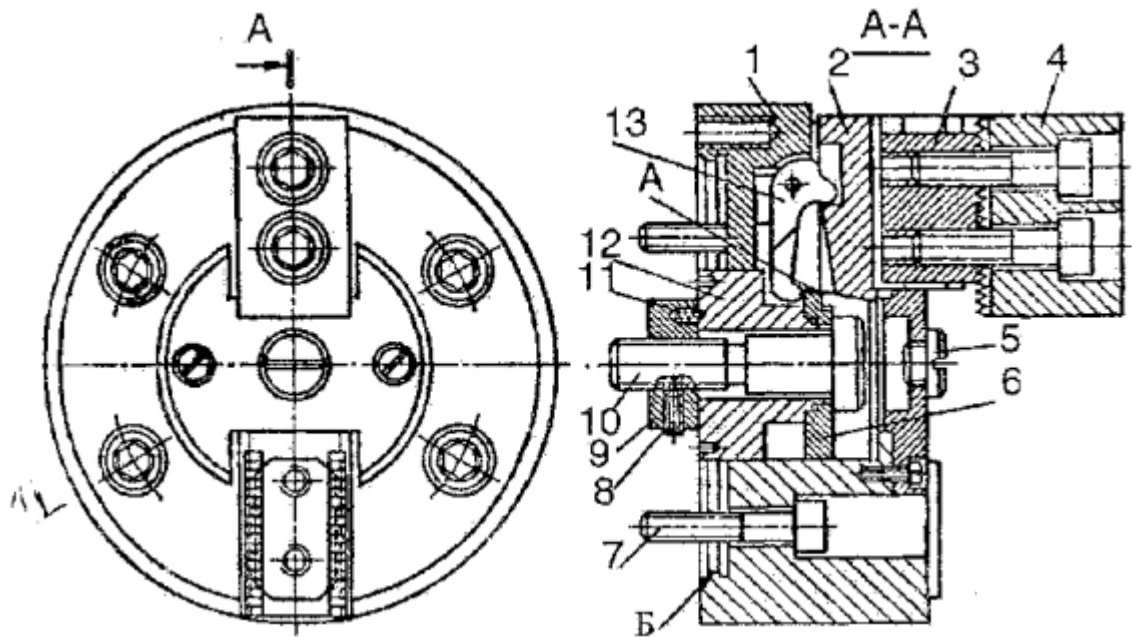


Рис. 7.11 - Конструкция клинорычажного двухкулачкового самоцентрирующего патрона с пневмоприводом; 1 – корпус; 2 – основания кулачков; 3 – сухари; 4 – сменные кулачки; 5 – заглушка; 6 – гайка; 7 – болт; 8 – стопорный винт; 9 – гайка; 10 – винт; 11 – шариковый стопор; 12 – втулка; 13 – рычаг.

Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне следующим образом. При перемещении винта 10, соединенного со штоком пневмопривода, в левую сторону гайка 6 поворачивает рычаги 13, которые, в свою очередь, перемещают к центру основания 2 кулачков. Сменные кулачки 4, непосредственно закрепляющие деталь крепятся к основаниям 2 с помощью сухарей 3, устанавливаемых в Т-образные пазы оснований кулачков.

При обратном ходе штока пневмопривода, т.е. при его перемещении в правую сторону, наклонные площадки гайки 6 раздвигают кулачки, освобождая таким образом деталь. Регулировку хода кулачков производят винтом 10 и гайкой 9, для чего предварительно необходимо вывернуть заглушку 5. Для предотвращения нарушения регулировки хода кулачков гайку 9 стопорят винтом 8, а положение винта 10 относительно корпуса фиксируют пружинным шариковым стопором 11. при установке патрона на планшайбе его центрируют по выточке Б, а закрепляют с помощью болтов 7.



В крупносерийном и массовом производстве для закрепления деталей применяют рычажные, клиновые и рычажно-клиновые быстродействующие самоцентрирующие патроны с пневмоприводом.

Довольно широкое применение из числа быстродействующих получили мембранные патроны. Их, как правило, используют если необходимо произвести обработку партии деталей с высокой точностью центрирования. По конструктивному исполнению мембранные патроны разделяются на патроны рожкового и чашечного типа.

В мембранном патроне рожкового типа (рис. 7.12, а, б) обрабатываемую заготовку устанавливают между торцами винтов 4, которые через рожки 3 связаны с упругой мембраной 2. При прогибе мембраны в сторону заготовки 1 концы рожков 3 с винтами 4 расходятся и освобождают заготовку, а при снятии нагрузки с мембраны закрепляют ее. Настройка патрона на размер закрепляемой заготовки и усилие зажима регулируется за счет перемещения винта 4.

Мембранные патроны чашечного типа позволяют закреплять заготовку по внутренней (рис 3.10) и по наружной (рис 3. 10г) поверхности. В обоих случаях закрепление заготовки производится с помощью мембраны 1 при затяжке винта 2.

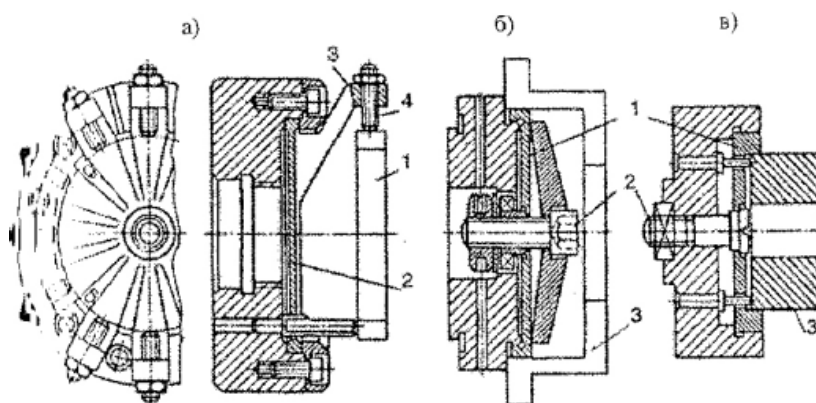


Рис. 7.12 - Конструкции мембранных патронов: а – рожкового типа (1 – заготовка; 2 – упругая мембрана; 3 – рожки; 4 – винт); б и в – чашечного типа (1 – упругая мембрана; 2 – винт; 3 – заготовка).

Другие конструкции самоцентрирующих патронов и оправок смотри [1].

## **8. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ**

Фрезерные приспособления характеризуются применением установов для быстрой настройки фрез и направляющих шпонок, которые служат для правильного расположения приспособления относительно стола станка. Шпонки крепятся на основании корпуса приспособления (2 штуки) и водятся в один из пазов стола станка, совмещая продольную ось приспособления с направлением продольного хода стола. Шпонки повышают устойчивость приспособления при обработке. Они воспринимают крутящий момент от сил резания и таким образом разгружают крепежные элементы приспособления. Установы размещаются так, чтобы не мешать установке и снятию детали, и чтобы было удобно контролировать положение инструмента щупом. Рабочие поверхности установов связываются с базовыми или установочными элементами приспособления размерами, точность которых определяется допуском  $\pm 0,05-0,1$  мм.

При обработке детали набором фрез (на одной оправке) с помощью установов проверяется положение лишь одной фрезы.

Фрезерные приспособления классифицируются по двум признакам:

1) по характеру подачи детали при обработке (делятся на приспособления с прямолинейной, круговой и сложной подачей);

2) по степени использования машинного времени на установку и снятие детали (приспособления без совмещения машинного времени со временем на установку и снятие детали и приспособления с совмещением машинного времени на установку и снятие детали).

Каждое приспособление имеет и первый и второй признаки.

## **8.1 Приспособления для фрезерования без использования машинного времени на смену обрабатываемых деталей**

Наиболее распространенными приспособлениями этой группы являются машинные тиски с ручным или механизированным приводом.

Машинные тиски с ручным винтовым зажимом состоят из корпуса с закрепленной на нем неподвижной губкой и второй подвижной губки, перемещаемой с помощью винта. На губках устанавливают сменные пластины, на рабочих поверхностях которых для большей надежности закрепления деталей наносят насечку. С целью увеличения срока службы сменных губок их подвергают закалке до твердости HRC 42-45. В отдельных случаях, при установке деталей по точно обработанным поверхностям, устанавливают незакаленные (сырые) сменные губки или применяют прокладки из цветных металлов.

Для установки и закрепления в тисках деталей, имеющих сложную форму, применяют сменные губки, устанавливаемые на торцевой или верхней плоскости неподвижной или подвижной губки или одновременно на обеих.

С целью расширения технологических возможностей, что особенно важно для условий единичного и мелкосерийного производства, используют тиски с поворотом в одной или в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

На рис 8.1 показана конструкция эксцентриковых тисков, применяемых для закрепления деталей небольших размеров. Тиски состоят из корпуса 1, неподвижной губки 3 и подвижной губки 2, которая перемещается при повороте эксцентрика 4. Учитывая, что ход эксцентрика имеет небольшую величину, то для установки деталей различных размеров стойку 5 с эксцентриком делают переставной. При этом для надежного закрепления стойки на верхней плоскости тисков и плоскости основания стойки нанесены рифления.

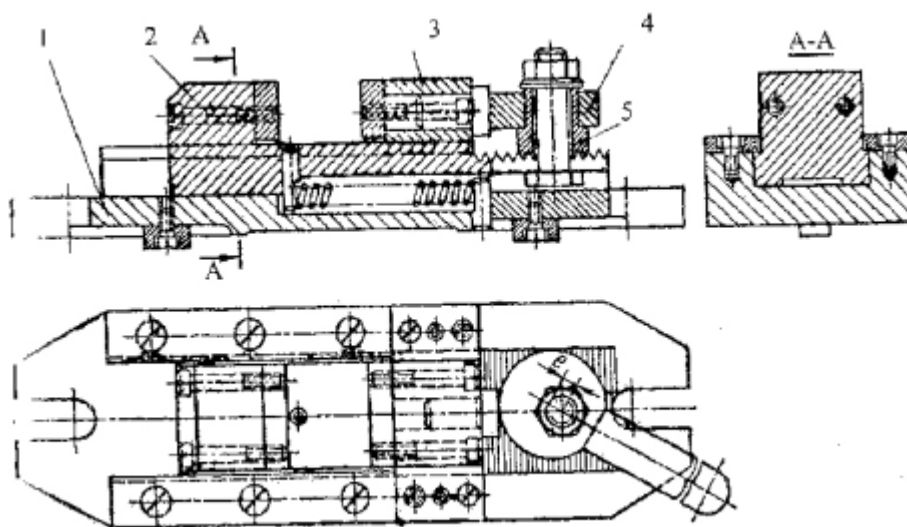


Рис. 8.1 - Конструкция эксцентриковых тисков: 1 – корпус; 2 – подвижная губка; 3 – неподвижная губка; 4 – эксцентрик; 5 – стойка.

Значительно сократить время на зажим деталей можно за счет применения в тисках механизированных приводов. Наибольшее распространение получили тиски с пневмоприводом, которые обеспечивают достаточно большую силу зажима, быстродействие и большие эксплуатационные удобства.

Как правило, в конструкции станочных тисков с пневмоприводом для увеличения силы зажима используют различные системы рычагов, но при этом пропорционально увеличению силы зажима уменьшается ход подвижной губки. Поэтому в таких конструкциях тисков предусматривают возможность регулирования положения неподвижной губки в зависимости от размеров закрепляемых деталей.

В применяемых конструкциях пневматических тисков постоянно создаваемой силой зажима полностью зависит от давления воздуха в сети. Поэтому в зависимости от расхода воздуха в сети и в некоторой степени от его утечки давление колеблется и прямо пропорционально влияет на силу зажима. Кроме того, при внезапном прекращении подачи воздуха обрабатываемая

деталь освобождается и, помимо поломки инструмента, возникает опасность для работающего на станке.

На рис 8.2 показана конструкция пневматических тисков с тарельчатыми пружинами. В этом случае зажим детали осуществляется при помощи тарельчатых пружин, а ее освобождение и отвод подвижной губки во время установки новой детали – при помощи пневмопривода. В результате развиваемая сила зажима остается постоянной по величине и зависит только от параметров тарельчатых пружин. При этом падение давления воздуха в сети даже до нуля не изменяет силы зажима.

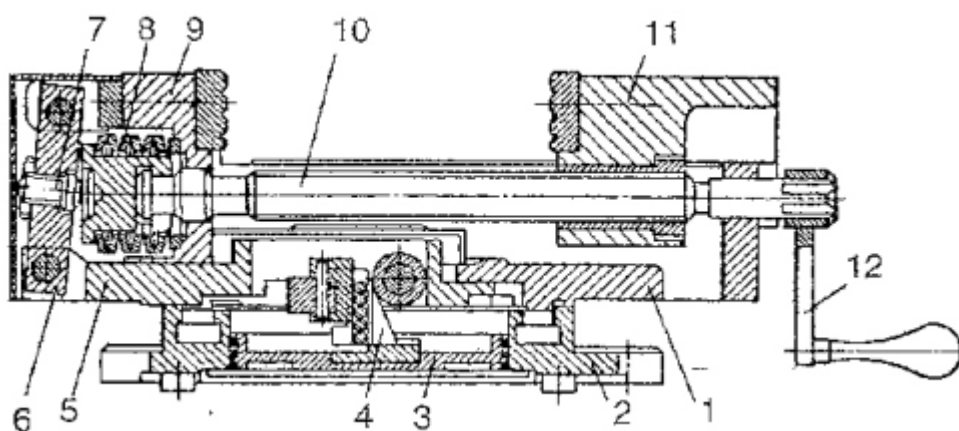


Рис. 8.2 - Конструкция пневматических тисков с тарельчатыми пружинами:

- 1 – поворотный корпус; 2 – основание; 3 – пневмопривод; 4 – клиновой усилитель;  
5 – тяга; 6 – рычаг; 7 – винт; 8 – тарельчатые пружины; 9 – неподвижная губка;  
10 – винт; 11 – подвижная губка; 12 – рукоятка.

Тиски состоят из основания 2, на котором установлен поворотный корпус 1, пневмопривода 3, узла клинового усилителя 4, опирающегося на ролики; тяги 5; рычага 6; неподвижной губки 9; подвижной губки 11 и регулировочного винта 10. деталь зажимается тарельчатыми пружинами 8, перемещающими с помощью винта 10 подвижную губку 11. Освобождение детали происходит при подаче сжатого воздуха в нижнюю полость пневмопривода. При этом поршень перемещает вверх клин 4, который своей наклонной плоскостью сдвигает вправо тягу 5 и связанный с ним рычаг 6. Последний сжимает

тарельчатые пружины 8 и перемещает винт 10 и подвижную губку 11. Установку подвижной губки 11 на размер закрепляемой детали производят поворотом винта 10 рукояткой 12. Усилие зажима можно регулировать натяжением тарельчатых пружин с помощью винта 7.

При выполнении работ, когда требуется обеспечить постоянство положения оси симметрии детали относительно режущего инструмента, применяют самоцентрирующие тиски. Конструкция таких тисков с ручным винтовым зажимом приведена на рис 8.3. Для установки деталей различных размеров применяют сменные призмы 1, закрепляемые непосредственно в корпусе 2. Деталь зажимается двумя рычагами 3, на нижних концах которых установлены плавающие гайки 5. Винт 4, имеющий на концах правую и левую резьбу, обеспечивает одновременное схождение и расхождение рычагов, а следовательно, происходит центричное зажатие детали. Для устранения осевого перемещения винта его центральную часть, имеющую выточку, устанавливают в подшипник 6.

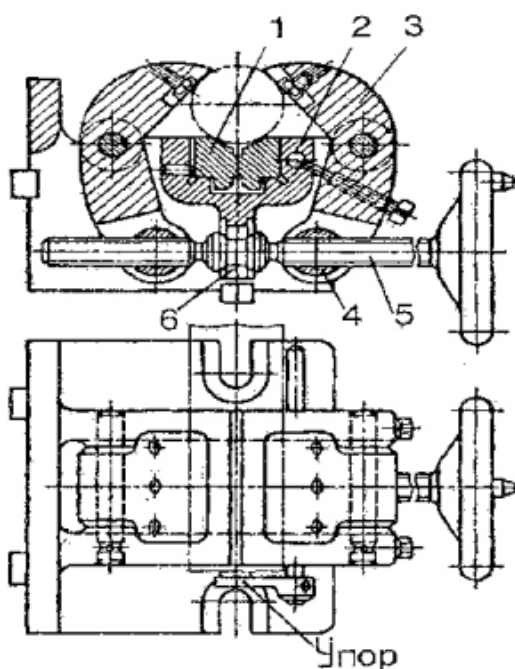


Рис. 8.3 - Конструкция самоцентрирующих тисков: 1 – сменная призма; 2 – корпус; 3 – рычаги; 4 – плавающие гайки; 5 – винт; 6 – подшипник.

В условиях крупносерийного и массового производства применяют аналогичную конструкцию самоцентрирующих тисков, но с быстродействующим пневмоприводом. Для быстрого вращения винт обычно снабжают зубчатым колесом, а рейку, находящуюся в закреплении с ним, связывают со штоком пневмопривода.

При обработке нескольких различно расположенных поверхностей детали (шлицев, многогранников и т.п.) при одном ее установе и соответственно одном закреплении применяют многопозиционные приспособления. К ним относятся делительные головки и поворотные столы, которые в единичном и мелкосерийном производстве являются обязательной принадлежностью группы фрезерных станков. Для условий крупносерийного и массового производства, как правило, применяют специальные делительные приспособления как с горизонтальной, так и с вертикальной осью поворота.

Машинные тиски являются универсальными приспособлениями, допускающими переналадку. Корпус с салазками и механизм зажима тисков постоянные. Наладка состоит из сменных губок и других установочных элементов, которые проектируются и изготавливаются для каждой конкретной детали. Для установки сменных элементов на корпусе и салазках имеются Т-образные пазы. Конструкции тисков должны быть мощными, жесткими, компактными и быстродействующими.

К этой группе приспособлений относятся и поворотные приспособления, которые позволяют обрабатывать детали с разных сторон, не меняя установку детали. Фрезерные поворотные приспособления, так же, как и сверлильные бывают с горизонтальной, вертикальной и наклонной осью вращения. Универсальные поворотные столы и стойки имеют широкое распространение и нормализованы. Конструкции аналогичны сверлильным поворотным приспособлениям и делительным устройствам. Все поворотные фрезерные приспособления имеют надежное крепление поворотной части к неподвижной.

При обработке заготовок в приспособлениях без использования машинного времени на их смену более 50% штучного времени затрачивается на вспомогательные приемы работы. Для увеличения производительности этой группы приспособлений применяются многоместные приспособления с параллельной или последовательной обработкой группы деталей [1].

## **8.2 Приспособления для фрезерования с использованием машинного времени на смену обрабатываемых деталей**

Наибольший эффект в сокращении затрат времени на установку и закрепление заготовок достигается за счет выполнения этих приемов во время фрезерования при перекрытии вспомогательного времени машинным.

Использование машинного времени на смену детали можно осуществлять несколькими способами:

1) последовательное фрезерование группы отдельно закрепленных заготовок. Используется при круговой подаче;

2) фрезерование с возвратно-поступательной подачей. Требуется два приспособления: в первом деталь обрабатывается, во втором происходит загрузка детали;

3) фрезерование детали в поворотных приспособлениях. Приспособление устанавливается на поворотном столе. Требуется два приспособления (см. выше);

4) фрезерование в кассетных приспособлениях. В приспособление устанавливаются не детали, а кассеты, которые предварительно загружаются заготовками;

5) фрезерование с круговой подачей. Подача осуществляется непрерывно, причем, группу обрабатываемых деталей располагают на столе станка так, чтобы, не останавливая станок можно было снимать обработанные детали. Ось вращения стола станка может быть горизонтальной, вертикальной, наклонной.



При организации работ с использованием этих методов особое внимание необходимо уделять технике безопасности. Необходимо предусматривать ограждения, которые исключали бы возможность получения травм от стружки, вращающихся частей приспособления инструмента. Зона загрузки и выгрузки детали должна быть отгорожена от зоны работы инструмента.

Примеры конструкций приспособлений этой группы смотри [1].

## 9. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

На автоматических линиях применяются два вида приспособлений: стационарные и приспособления-спутники.

*Стационарные* выполняют те же функции, что и приспособления на обычных станках. В них автоматически подаются, устанавливаются, закрепляются, обрабатываются, открепляются и передаются на транспортирующее устройство заготовки. Они монтируются на отдельные позиции (агрегаты) автоматических линий.

Отличительной особенностью этих приспособлений является то, что они обязаны обеспечить правильную установку заготовок при простейших движениях транспортирующих устройств. Для этого опорные пластины являются продолжением направляющих планок транспортирующего устройства, а установочные пальцы выполняются выдвигными. Если установочные элементы неподвижны, то правильное положение заготовки обеспечивается дополнительными прижимами-досылателями, обеспечивающие плотный контакт базовых поверхностей с установочными элементами. Приспособления автоматических линий должны быть надежными и безотказными в работе, поэтому в них предусматривается автоматический контроль правильного положения заготовки с помощью пневматических, электрических и др. датчиков. Большое внимание уделяется очистке приспособления от стружки. Зажимное устройство должно быть надежным и самотормозящим, поэтому гидравлическому или пневмоприводу требуется дополнительный передаточный механизм, обладающий свойством самоторможения (клиновые, клино-плунжерные).

Большинство автоматических линий работают при базировании детали по плоскости и двум цилиндрическим отверстиям. Так обрабатываются все корпусные детали. Если заготовка не имеет таких баз, то она устанавливается в приспособлении-спутнике, а само приспособление-спутник базируется по вышеуказанной схеме. При этом возрастает погрешность установки заготовки.

Для повышения точности обработки необходимо уделять большое внимание повышению жесткости приспособления и стремиться к уменьшению деформации заготовки под действием зажимных сил.

*Приспособления-спутники* применяются для закрепления заготовок сложной конфигурации. Все стадии обработки выполняются при одном закреплении заготовки, чем обеспечивается принцип постоянства установочных баз. В начале линии заготовка устанавливается на спутник и закрепляется, в конце обработки она вынимается из спутника, а спутник возвращается в исходное положение. Перемещение приспособлений-спутников ко всем агрегатам производится при помощи шагового или цепного транспортера по направляющим планкам.

## 10. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Контрольные приспособления – это специальные средства измерения, представляющие собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств и предназначенные для контроля отдельных деталей или собранных узлов.

Основная задача технического контроля заключается в обеспечении качества продукции.

Она может быть решена двумя способами:

- с помощью пассивных средств контроля (сортировка или разбраковка изготовленных деталей);

- с помощью активного контроля, когда качество продукции обеспечивается самим технологическим процессом, и брак в принципе не допустим.

Контрольные приспособления можно классифицировать следующим образом:

- 1) по уровню специализации они делятся на универсальные и специальные;

- 2) по степени механизации – на ручные, автоматизированные, полуавтоматы, автоматы;

- 3) по назначению:

- приспособления для контроля линейных и узловых размеров;

- для контроля взаимного расположения осей и плоскостей;

- для контроля параметров зацепления зубчатых колес;

- испытательные средства и стенды для проверки правильности работы собранных узлов и т.д.

- 4) по принципу работы и характеру использования измерительных устройств приспособления бывают:

- с предельными измерениями;

- с отсчетными измерениями.

5) по технологическому назначению: для окончательной приемки деталей и узлов и для контроля детали в процессе обработки (межоперационный контроль).

Важнейшим требованием, которое предъявляется к контрольным приспособлениям, является обеспечение оптимальной точности измерения и требуемой производительности контроля. Кроме этого применение контрольного приспособления должно быть экономически оправдано, они должны быть удобными и безопасными в эксплуатации, а также надежными при длительной работе, простыми по конструкции и обладать свойством функциональной взаимозаменяемости измерительных устройств.

Контрольные приспособления состоят из следующих элементов:

- 1) установочные элементы;
- 2) зажимные (прижимные) элементы;
- 3) измерительные устройства;
- 4) вспомогательные устройства.

Установочные и зажимные элементы контрольных приспособлений такие же, как и во всех других приспособлениях. Следует иметь в виду, что при выборе установочных элементов необходимо руководствоваться правилами контроля и назначения поверхностей в зависимости от формы измерительного наконечника.

Более подробно рассмотрим те элементы, которые не встречаются в других приспособлениях.

### **10.1 Измерительные устройства**

В контрольных приспособлениях применяются три основные группы измерительных устройств:

- предельные;
- отсчетные;

- специальные.

К *предельным* относятся: калибры, глубиномеры, щупы, электрон-контактные преобразователи и др. Они служат для проверки того, находится ли измеряемая величина в заданных пределах. Значение контролируемой величины не определяется. В некоторых случаях предельные преобразователи могут оснащаться отсчетными устройствами для количественной оценки параметра. Предельные измерители широко применяются в приспособлениях для окончательного контроля обработанных деталей.

*Отсчетные* измерительные устройства находят применение в лабораторных условиях и при выборочном контроле. Эти устройства имеют отсчетные шкалы.

*Специальные* представляют собой комбинацию предельных и отсчетных устройств. Применяются в контрольно-сортировочных автоматах, автоматических устройствах для контроля деталей в процессе обработки, при сортировке деталей на группы.

Применение их дает возможность наблюдать за изменением размеров в процессе автоматического контроля. Это облегчает настройку и проверку качества выполняемой операции контроля без остановки оборудования.

Очень широкое распространение получили автоматизированные средства контроля: контрольные приспособления, у которых универсально-показывающие приборы заменены преобразователями (служат для получения информации о контролируемом параметре). Эта информация – в виде электрического сигнала. Функции шкальных отсчетных устройств с указателями предельных отклонений размеров деталей выполняют светофорные устройства (световые табло), цифровые табло, регистрирующие приборы, цифропечатающие устройства.

В зависимости от количества контролируемых параметров автоматизированные средства контроля делятся на:

- одномерные;

- многомерные.

Многомерные, в свою очередь, бывают комплексными и групповыми.

*Комплексные* – на одной измерительной позиции контролируют несколько информативных параметров. В *групповых* – на каждой из нескольких позиций контролируется один параметр.

Все автоматизированные контрольные приспособления имеют узкоспециальное назначение. Для уменьшения затрат на их создание разработана и успешно применяется система универсальных сборных контрольных приспособлений.

## **10.2 Вспомогательные устройства контрольных приспособлений**

К вспомогательным устройствам контрольных приспособлений относятся:

- передаточные устройства между контролируемым объектом и измерительным устройством;
- узлы крепления измерительных устройств.

*Передаточные устройства* служат для передачи отклонения измеряемого параметра от детали к измерительному устройству.

Они необходимы для предохранения от непосредственного соприкосновения измерительного стержня с проверяемой деталью, чтобы предупредить его от повреждений и преждевременного износа.

Позволяют вынести измерительное устройство в удобное место. В ряде случаев передаточные устройства применяют для увеличения отклонения проверяемого параметра, что повышает точность измерения.

В качестве передаточных устройств служат рычажные, рычажно-зубчатые, рычажно-пружинные и др. механизмы.

Для крепления измерительных устройств служат разрезные втулки, специальные кронштейны в поворотных стойках (крепление за ушко),

специальные подставки и др. узлы. Узлы крепления измерительных устройств в контрольных приспособлениях нормализованы.



## 11. СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Сборочными приспособлениями называются устройства, предназначенные для сокращения времени, повышения качества и облегчения сборки изделий или их элементов.

Сборочные приспособления также как и другие виды приспособлений могут быть *универсальными* и *специальными*. Их применение зависит от масштаба производства. Универсальные приспособления широко применяются в индивидуальном и мелкосерийном производстве. В крупносерийном и массовом производствах они имеют очень небольшое применение.

Специальные приспособления проектируются для определенной операции сборки конкретного изделия и для других операций и других изделий не могут быть использованы.

В зависимости от характера действия приспособления для сборки могут быть *ручными*, *механическими* и *автоматическими*.

### 11.1 Универсальные сборочные приспособления

Универсальные приспособления, применяемые для сборки, можно подразделить на несколько групп:

- 1) Плиты, угольники, призмы и др. (рис. 11.1). Они служат для установки, выверки взаимного расположения и закрепления собираемых элементов. Рабочие поверхности их тщательно обрабатываются, имеют Т-образные пазы для закрепления собираемых объектов. Они устанавливаются на подставки (верстаки) или фундаменты, выверяются в горизонтальном положении по уровню. Такие приспособления изготавливаются из чугуна.

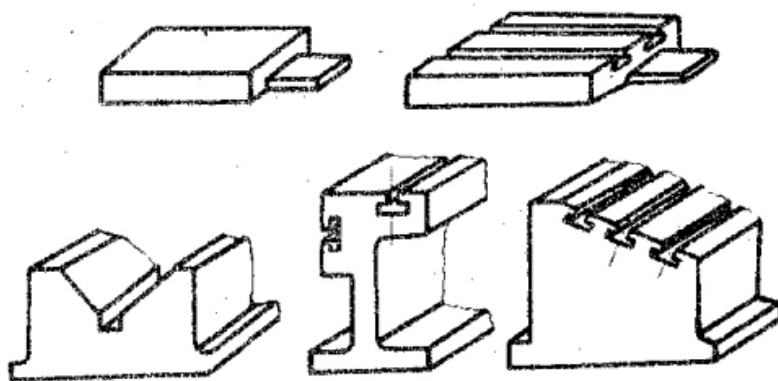


Рис. 11.1 - Плиты, угольники, призмы.

- 2) Струбцины (рис. 11.2). Служат для временного скрепления деталей и узлов собираемых изделий, для выполнения таких операций как правка, запрессовка, распрессовка и т.д. Применяются винтовые, эксцентриковые и пневматические струбцины. По конструкции струбцины делятся на открытые (имеют С-образный корпус) и закрытые с корпусом в виде рамки.

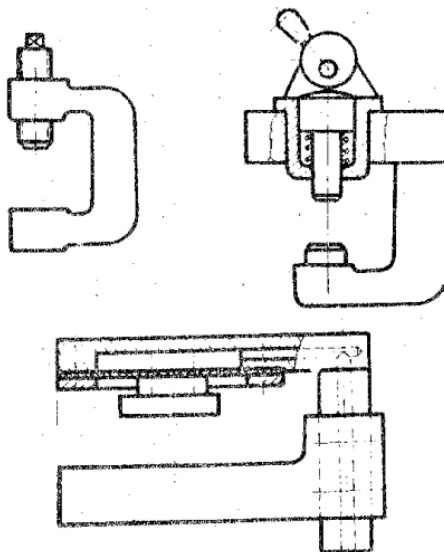


Рис. 11.2 - Струбцины.

- 3) Домкраты. Они служат для поддержки и выверки громоздких и тяжелых деталей и узлов, обеспечивая их вертикальные и горизонтальные перемещения.
- 4) Устройства для подъема и перемещения деталей и узлов при сборке. Для этих целей используются блоки, подъемники, краны. Захват и

перемещение деталей осуществляется посредством цепей, крюков, канатов и специальных зажимов. При подвижной сборке изделие перемещают по рольгангу, склизу или в специальных приспособлениях, закрепленных на транспортирующем устройстве (на цепном или пластинчатом транспортере, конвейере).

- 5) Вспомогательные устройства. К ним относятся: металлические и деревянные клинья, подкладки (для установки и выверки собираемых деталей), планки, болты, прихваты (для крепления деталей и узлов к плитам), козлы, доски (для раскладки подготовленных к сборке деталей) и др.

## **11.2 Специальные сборочные приспособления**

Они состоят из тех же элементов, что и станочные приспособления. Назначение каждой группы элементов также аналогично. В связи с тем, что в сборочном приспособлении детали устанавливаются обработанными поверхностями, особое значение приобретают требования о недопустимости порчи базовых поверхностей детали. Для обеспечения этого требования установочные элементы должны иметь большие опорные поверхности. Кроме этого установочные элементы часто облицовывают твердой резиной или пластмассой. Зажимные устройства не должны деформировать собираемые детали и не должны портить обработанные поверхности. Поэтому зажимные элементы имеют мягкие вставки.

Специальные сборочные приспособления имеют большое конструктивное разнообразие. По целевому назначению выделяют следующие группы:

- 1) Приспособления для крепления базовых деталей и узлов собираемого объекта (зажимные устройства). Они придают детали необходимую устойчивость против сил и моментов, возникающих при выполнении сборочных операций. Наиболее просты по конструкции. Такие

приспособления часто делаются поворотными, чтобы узел был доступен с большинства сторон, что создает удобство сборки и повышает производительность. На рис. 11.3 показано поворотное приспособление для крепления базовой детали.

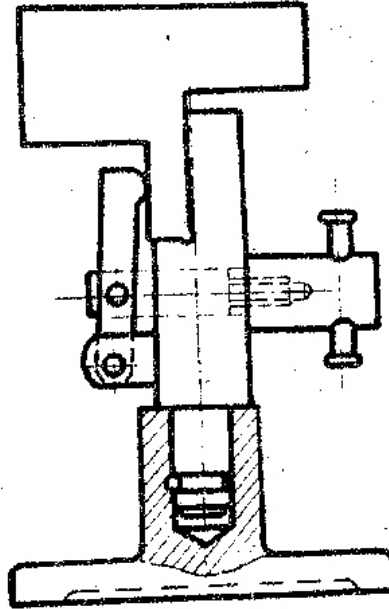


Рис. 11.3 - Приспособление для крепления базовой детали.

При необходимости такие приспособления имеют фиксатор и крепление поворотной части.

Расчет зажимных механизмов сборочных приспособлений производится по той же методике, что и приспособлений для механической обработки. Зажимной механизм должен противодействовать сдвигающему и проворачивающему действию сил, возникающих в сборке.

Приспособления для крепления базовых деталей и узлов могут быть *одноместными* и *многоместными*.

Приспособления этой группы часто располагаются на сборочном конвейере.

2) Приспособления для точной и быстрой установки собираемых деталей и узлов. Обеспечивают точное взаимное расположение сопрягаемых деталей.

Применяются для сварки, пайки, склеивания, развальцовки, винтовых и других видов сборочных соединений.

3) Приспособления для предварительного деформирования собираемых элементов. Применяются для предварительного сжатия пружин, когда нужно преодолеть упругие силы. Облегчают труд сборщика и повышают производительность.

4) Приспособления сборочных работ для изменения положения собираемого изделия. Это поворотные приспособления, позволяющие придавать объекту сборки требуемое положение.

Поворот осуществляется вручную или с помощью специальных устройств. В требуемом положении поворотная часть обычно фиксируется и крепится.

На рис. 11.4 показана схема приспособления, предназначенного для переворачивания изделия, проходящего сборку на рольганге.

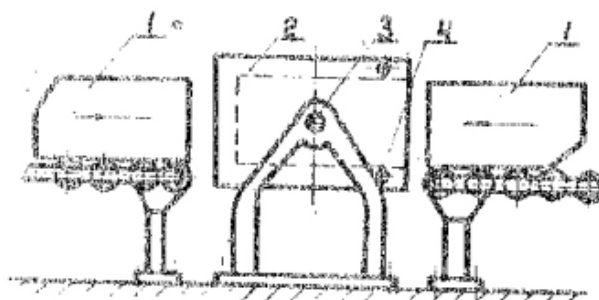


Рис. 11.4 - приспособления для переворачивания изделия.

Изделие 1 заводится в коробку 2 приспособления, переворачивающегося на  $180^{\circ}$  вокруг цапф 3, вследствие чего оно оказывается перевернутым на  $180^{\circ}$  на другой стороне рольганга. Упоры 4 ориентируют положение изделия в коробке.

5) Приспособления для запрессовки и снятия туго посаженных деталей. Эти приспособления могут быть двух видов:

- приспособления к универсальным прессам;
- приспособления, самостоятельно создающие усилие запрессовки.

Приспособления к универсальным прессам обеспечивают правильное направление соединяемым деталям в процессе запрессовки. Для этой цели обе детали должны строго центрироваться в корпусе приспособления своими базовыми поверхностями.

На рис. 11.5 представлены схемы приспособлений к универсальным прессам.

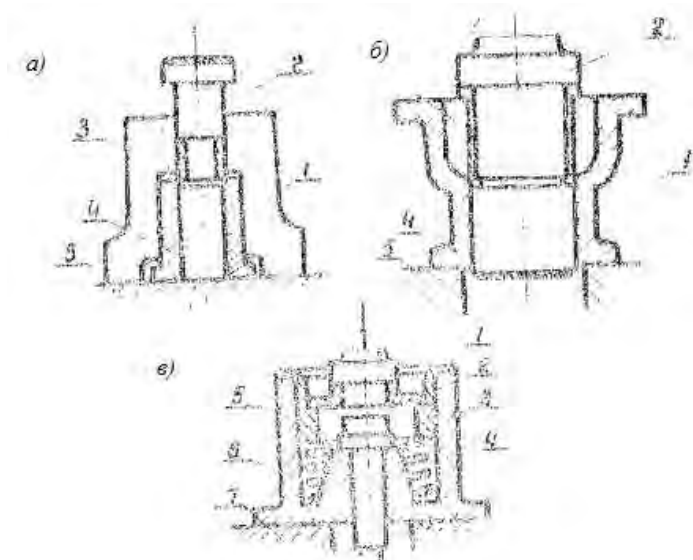


Рис. 11.5 - Схемы приспособлений к универсальным прессам.

Для запрессовки легкодеформируемой втулки 3 (рис. 11.5) в приспособлении имеется направляющая оправка 1, которая устраняет возможность порчи тонкостенной втулки при запрессовке. На верхнюю часть оправки одевается втулка 3. Нижняя часть оправки имеет увеличенный диаметр, больше диаметра охватываемой детали, благодаря чему обеспечивается правильное направление движения втулки при ее запрессовке.

На рис. 11.5. показано приспособление, в котором для предотвращения перекоса тонкого диска 2 применяется направляющая гильза 3, а положение вила 5 определяется корпусом 4. Запрессовка производится ползуном 1. Пружина 7 возвращает гильзу 3 в исходное положение.

Соединения, осуществляемые с натягом, требуют приспособлений как для сборки, так и для разборки. Для разборки применяются приспособления, которые обычно называются съемниками.

По способу создания осевого усилия съемники бывают механические, гидравлические и пневматические. Наибольшее распространение имеют механические съемники. Различают три типа механических съемников: рычажные, винтовые и эксцентриковые.

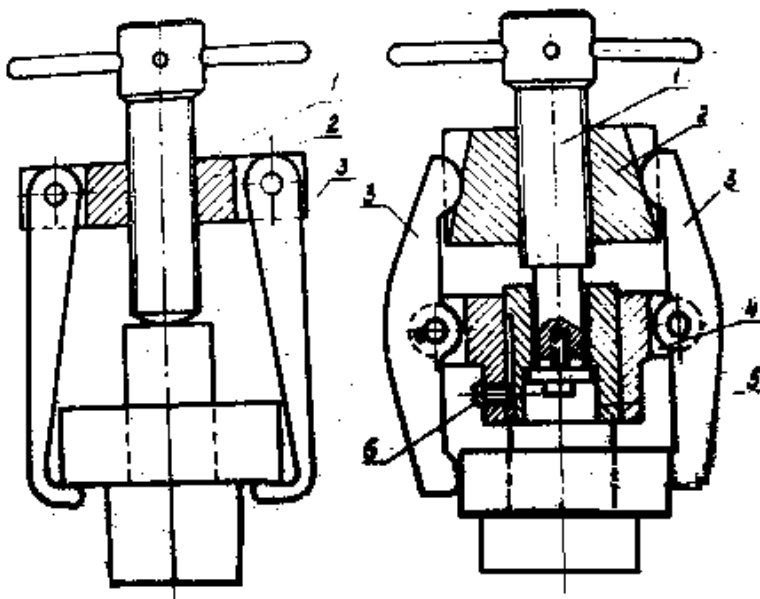


Рис. 11.6 - Типовой и специальный винтовой съемники.

На рис. 11.6. показаны типовой и специальный винтовой съемники. Специальный съемник состоит из двух прихватов 3, закрепленных шарнирно на хомутике 4. Один конец прихватов, зажимающий деталь, имеет зубчики, врезающиеся в деталь, другой конец опирается на наклонные поверхности гайки 2. Хомутик 4 свободно сидит на наконечнике 5 винта 1. Стопорный винт 6 позволяет хомутику перемещаться в осевом направлении по наконечнику, но удерживает его от вращения.

Наконечник винта упирается в одну, а прихваты подводятся к другой из разъединяемых деталей.

При вращении винта 1 гайка 2, перемещаясь по винту вверх, вначале разводит верхние концы рычагов 3 и зажимает деталь, а при дальнейшем перемещении тянет за собой прихваты с хомутиком и разъединяет детали.



## 12. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ

В основном для групповой обработки применяются приспособления из систем СНП, СБП, УНП, СРП.

В условиях серийного производства и частой смене объектов производства широко используются специализированные переналаживаемые приспособления.

Применяются приспособления, которые позволяют производить обработку различных типов и типоразмеров деталей в некотором диапазоне размеров. Настройка таких приспособлений может производиться за счет замены специальной наладки, приспособленной к конфигурации данной детали, и тогда система приспособлений называется – СНП, или за счет регулирования положения элементов приспособления без замены наладки – СБП. Кроме этих систем приспособлений для переменного-поточной обработки применяют приспособления комбинированного типа для последовательной обработки закрепленных за данным станком деталей без переналадки.

На рис. 12.1 показано приспособление, в которое можно устанавливать детали разных размеров без смены установочных и зажимных элементов.

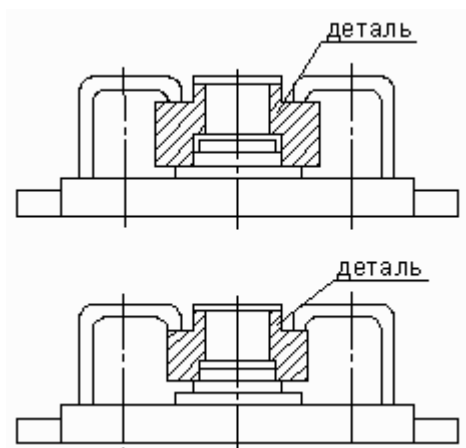


Рис. 12.1 - Схемы установки деталей на специальное приспособление для групповой обработки.

Такие приспособления разрабатываются для деталей одного класса.

Широкое применение находят приспособления комбинированные для одновременной установки нескольких деталей, закрепленных за станком, на котором производят групповую обработку. Такие приспособления предназначены для обработки деталей различных типоразмеров (на сверлении, фрезеровании др.). (рис. 12.2).

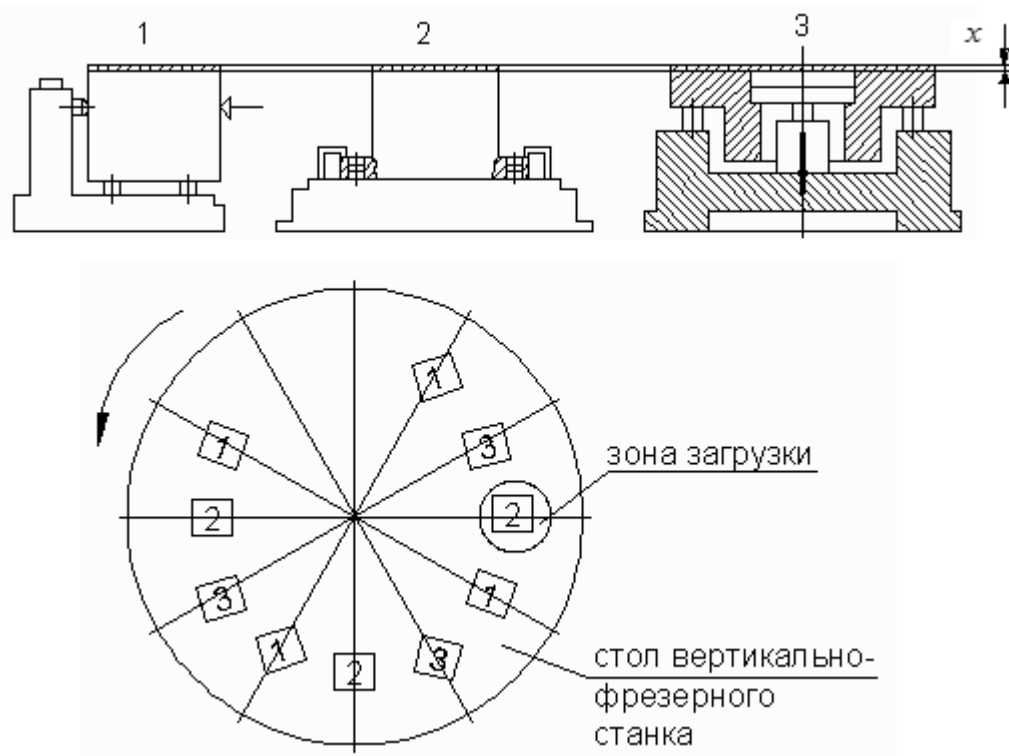


Рис. 12.2 - Комбинированное приспособление для групповой обработки.

На круглый стол вертикально-фрезерного станка установлены обычные приспособления 1, 2 и 3, в которых одновременно обрабатываются детали различных типоразмеров. Рабочий, обслуживающий станок, загружает эти приспособления в указанной последовательности и снимает обработанные заготовки на участке загрузки. Перевод станка на переменнo-поточную обработку может производиться без съема приспособлений; в этом случае в каждом приспособлении последовательно обрабатываются партии прикрепленных заготовок. Остальные приспособления в это время не используются.

Для групповой обработки применяют также комбинированные приспособления со сменными деталями. Закрепленные за этим приспособлением заготовки разного типоразмера пропускают через одну или партиями. На рисунке 12.3 дана схема кондуктора, на котором можно сверлить отверстия в кольцах разного диаметра.

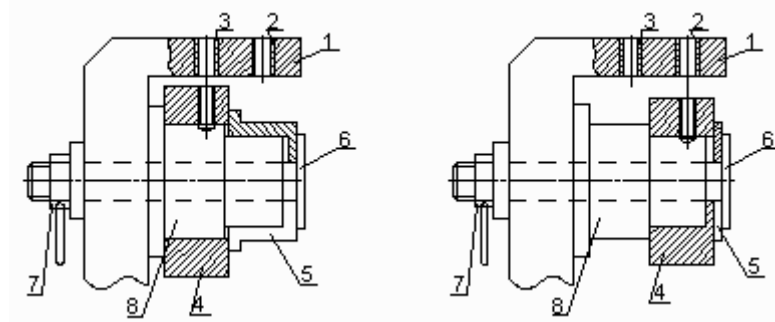


Рис. 12.3 - Кондуктор для сверления отверстий в деталях двух типоразмеров.

1 – корпус приспособления, 2, 3 – кондукторные втулки, 4 – деталь, 5 – шайба, 6 – шток с резьбой, 7 – гайка, 8 – оправка.

Применение комбинированных приспособлений для переменного-поточной и групповой обработки обеспечивает лучшее использование оборудования во времени и снижение себестоимости обработки.

Конструированию этих приспособлений предшествует большая работа по выбору схемы и общей компоновки приспособления. Ее выполняют после тщательного подбора деталей по общности конструктивных и технологических признаков и разработки технологических процессов изготовления отобранных групп деталей. От подготовительной работы во многом зависит эффективность использования групповой оснастки.

В условиях серийного производства и частой смене объектов производства для закрепления и обработки различных групп деталей широко используются и специализированные переналаживаемые приспособления. В этих случаях проектирование и изготовление специальных приспособлений экономически невыгодно. Наиболее целесообразным является применение приспособлений, рассчитанных на обработку различных типов и типоразмеров

деталей в некотором диапазоне размеров. Настройка таких приспособлений для закрепления и обработки конкретной детали может производиться за счет замены специальной наладки, приспособленной к конфигурации обрабатываемой детали, и тогда приспособление называется специализированным наладочным (СНП), или за счет регулирования положения элементов приспособления без замены наладки, и тогда приспособление называется специализированным безналадочным (СБП).

Специализация приспособлений для обработки различных групп деталей может быть произведена в соответствии с определителем деталей общемашиностроительного применения.

## **13. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И РОБОТОВ**

### **13.1 Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним**

На станках с программным управлением обрабатывают детали широкой номенклатуры малыми партиями. Характерным для этих станков является быстрая сменяемость партий, сложность и повышенная точность обработки деталей.

Для эффективного использования станков с ЧПУ к станочным приспособлениям предъявляется ряд специфических требований, обусловливаемых особенностью этих станков:

- 1) станки с ЧПУ являются высокоточными станками. Следовательно, для обеспечения высокой точности обработки заготовок приспособления должны быть выполнены повышенной точности. Погрешности базирования и закрепления должны быть сведены к минимуму (по возможности к нулю);
- 2) станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость и мощность. Следовательно, конструкция приспособления не должна быть наиболее податливым звеном системы СПИД, чтобы использовать полную мощность станка на черновых операциях и обеспечить высокую точность на чистовых операциях;
- 3) относительное перемещение заготовки и инструмента на станках с ЧПУ осуществляется автоматически в системе заранее заданных координат. Следовательно, приспособления должны обеспечивать полное базирование заготовок, т. е. лишение их 6-ти степеней свободы. Необходимо строго определенное положение базирующих элементов приспособлений относительно начала координат станка (нулевой точки);
- 4) станки с ЧПУ обеспечивают возможность обработки максимального числа поверхностей (до 4-х – 5-ти) с одной установки заготовки на поворотном столе. Для этого приспособления должны обеспечивать полную инструментальную доступность, т.е. возможность подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям;

- 5) для сокращения времени простоя дорогостоящих станков с ЧПУ, затрачиваемого на смену заготовок, приспособления должны обеспечивать сокращение времени зажима-разжима заготовок, поскольку это время является доминирующим при смене заготовок;
- 6) возможность обработки на станках с ЧПУ максимального числа поверхностей с одной установки заготовки резко увеличивает цикл обработки заготовки на одном станке, что обуславливает возможность смены заготовки во втором приспособлении вне рабочей зоны станка или вне станка во время его работы (приспособления – спутники);
- 7) станки с ЧПУ выгодно отличаются от традиционных станков автоматов своей гибкостью (переналадка заключается в смене программ - носителя). Однако большая часть подготовительно-заключительного времени затрачивается не на переналадку станка, а на смену оснастки и комплекта инструмента. Следовательно, приспособления должны обеспечивать возможность их быстрой смены или переналадки;
- 8) станки с ЧПУ являются основным средством автоматизации мелко- и среднесерийного производства. Следовательно, на таких станках наиболее эффективно применять переналаживаемые приспособления, обеспечивающие путем их переналадки или перекомпоновки обработку широкой номенклатуры заготовок.

Специальные приспособления целесообразно применять лишь в условиях крупносерийного производства.

### **13.2 Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения**

В соответствии со ЕСТПП под системой приспособлений понимается совокупность приспособлений, конструкции которых komponуются на базе единых характерных правил, для обеспечения единства выполнения их и

использования в определенных организационных условиях технологического процесса изготовления различных деталей методом механической обработки.

Приспособления каждой из систем имеют различные способы агрегатирования составляющих элементов, параметры и другие конструктивные различия, обеспечивающие их эффективность в различных производственных условиях, характеризуемых сочетанием организационных, конструктивных и технологических факторов, присущих оснащаемым операциям. Отличительными признаками различных систем приспособлений являются способы их переналадки или перекомпоновки, характеризующие степень их универсальности.

Системы переналаживаемых приспособлений наиболее эффективно применять на станках с ЧПУ. Специальные приспособления целесообразно применять лишь как исключение при невозможности применения переналаживаемых.

По степени универсальности и способу переналадки системы переналаживаемых приспособлений подразделяются на:

- универсально-безналадочные (УБП);
- универсально-наладочные (УНП);
- специализированные наладочные (СНП);
- специализированные безналадочные (СБП);
- универсально-сборные (УСП);
- сборно-разборные (СРП).

Конструкции приспособлений системы УБП представляют собой законченные механизмы долговременного действия с постоянными (несъемными) элементами для установки различных заготовок. Переналадка УБП осуществляется регулированием положения установочно-зажимных элементов. Приспособления этой системы целесообразно применять на токарных, фрезерных, сверлильных станках с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства.

Приспособления системы УНП обеспечивают установку заготовок широкой номенклатуры посредством сменных наладок. УНП состоят из конструкций универсального базового агрегата и сменных наладок. Под сменной наладкой понимается элементарная сборочная единица, т.е. самостоятельная специальная часть компоновки, предназначенная для установки конкретных заготовок на базовом приспособлении. Базовая часть приспособлений – неизменяемая, она предназначена для установки наладок в процессе компоновки конструкций универсально-наладочных приспособлений. Такие приспособления позволяют использовать групповые методы обработки.

В системе УНП для станков с ЧПУ широко применяют также наладки, komponуемые из комплекта заранее изготовленных универсальных установочных и зажимных элементов. Такие элементы komponуют на базовой части приспособлений – плитах или уголках.

Приспособления системы СНП обеспечивают базирование и закрепление родственных по конфигурации заготовок различных габаритов с идентичными схемами базирования. Компоновка СНП состоит из конструкции специализированного (по схеме базирования и виду обработки типовых групп обрабатываемых деталей) базового агрегата и сменных наладок. Система СНП отличается применением многоместных приспособлений, следовательно, эффективной областью применения СНП является серийное производство. Такие приспособления применяют также при групповой обработке в серийном производстве. Цикл оснащения операции специализированным наладочным приспособлением состоит из проектирования, изготовления и установки наладки на базовом агрегате.

УСП komponуют из стандартных универсальных элементов – деталей и узлов, изготовленных из легированных сталей с высокой степенью точности. Из элементов УСП собирают без последующей механической обработки специальные приспособления кратковременного применения. После обработки партии заготовок их разбирают на составные части, которые вновь многократно



используют в различных сочетаниях в новых компоновках. Элементы УСП постоянно находятся в обращении в течение срока их службы. В отличие от обычных специальных приспособлений специальные приспособления, komponуемые из элементов УСП, исключают стадию конструирования и изготовления приспособлений. УСП целесообразно применять на станках с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства.

Применение УСП на станках с ЧПУ имеет ряд недостатков. К ним относятся:

1) наличие значительного числа стыков в приспособлении, снижающих его жесткость, что обуславливает снижение режимов резания, а следовательно, снижает производительность обработки;

2) высокая начальная стоимость, т.е. начальные капитальные затраты;

3) ограничение размеров обрабатываемых заготовок;

4) плохая доступность к закреплению заготовок. Обработка заготовок с нескольких сторон на многоцелевых станках ограничена затруднением подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям;

5) точность компоновок УСП определяется суммой допусков составляющих элементов;

6) комплекты УСП не имеют гидравлических приводов зажимных устройств, что обуславливает значительные затраты времени на закрепление-раскрепление заготовок;

7) УСП не предусматривает возможность полного базирования приспособлений на станке;

8) При жестком закреплении плит УСП на столе станка при их стыковке для обработки заготовки больших размеров перекомпоновка приспособлений занимает длительное время, что обуславливает значительные простои станков.

Новые УСП – механизированные универсально-сборные приспособления для станков с ЧПУ – системы УСПМ-ЧПУ. Они предназначены для установки

заготовок на станках фрезерной и сверлильной групп в единичном и мелкосерийном производстве.

Основой комплекта системы УСПМ-ЧПУ являются базовые сборочные единицы – гидроблоки, т.е. плиты с Т-образными пазами и встроенными гидроцилиндрами, на которых komponуются установочные и зажимные устройства и элементы. В комплект входят также различные гидроцилиндры. В качестве источника давления гидроцилиндров или гидроблоков применяют пневмогидравлические преобразователи давления.

Гидроблоки выполнены в виде плит 1 прямоугольной формы со встроенными гидроцилиндрами 2 двухстороннего действия, штуцерами 3 и заглушками 4 (рис. 13.1).

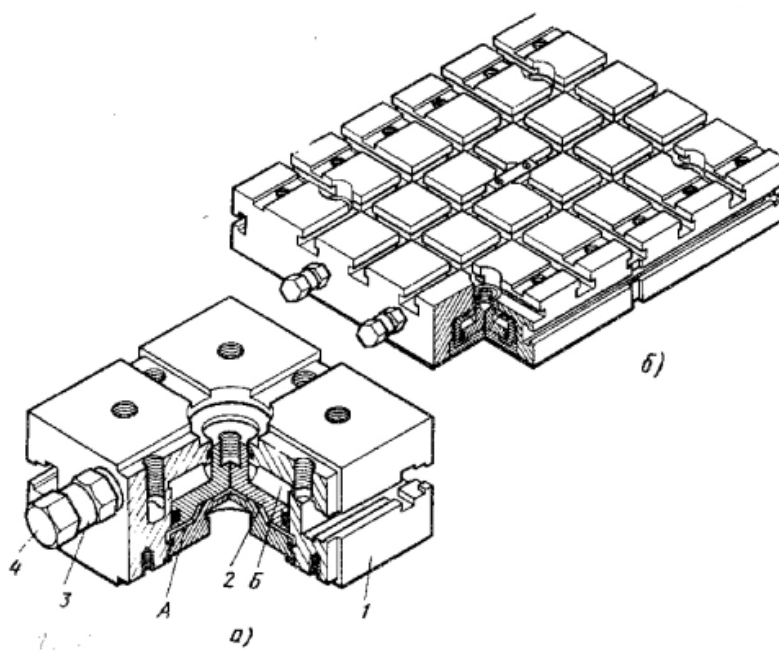


Рис. 13.1 - Схема гидроблока системы УСПМ-ЧПУ.

Верхние и нижние полости цилиндров гидроблока сообщаются между собой каналами. При подаче масла от источника давления под рабочим давлением в полость А на штоке поршня создается сила, которая через шпильку, установленную в резьбовое отверстие штока поршня, передается на зажимной элемент. При подаче масла в штоковую полость Б поршень возвращается в исходное положение, при этом заготовка разжимается.

Верхняя и торцовые поверхности гидроблоков имеют Т-образные шпоночные пазы и резьбовые отверстия.

Гидроблоки могут использоваться как самостоятельные основания приспособлений. Базовое основание может быть собрано из нескольких гидроблоков, соединенных между собой с плитами УСП.

Сборно-разборные приспособления (СРП) собирают из готовых деталей и узлов как специальные приспособления долгосрочного применения. Возможно частичное использование в компоновке специальных деталей. Обрабатываемые заготовки могут контактировать с базами приспособлений через частично доработанные базовые поверхности. СРП собирают на весь период производства изделия (1,5 – 2 часа). Применение СРП эффективно при оснащении станков с ЧПУ в серийном и крупносерийном производстве. Цикл оснащения операции СРП состоит из проектирования и изготовления специальных деталей и сборки приспособления.

### **13.3 Особенности базирования и закрепления заготовок в приспособлениях для станков с ЧПУ**

Поскольку относительное перемещение заготовки и инструмента осуществляется автоматически, в системе заданных координат, то при базировании заготовок нужно полное базирование и жесткая связь базирующих элементов приспособления с началом координат.

При обработке заготовок приспособления должны исключать ошибки, при базировании.

При базировании заготовок тел вращения в патронах в качестве двойных опорных или направляющих баз принимают наружные или внутренние цилиндрические поверхности, а также поверхности центровых отверстий. При базировании плоских и корпусных деталей в качестве баз применяют три плоских поверхности или одну плоскую и два отверстия.

Базирование по 3-м поверхностям является наиболее простым и надежным, обеспечивает точность базирования. Недостатком является то, что в ряде случаев невозможно производить обработку заготовок с 4-5 сторон или по контуру с одной установки. В этих случаях применяют базирование по плоскости и 2-м отверстиям. Недостаток: неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности обработки технологических отверстий заготовки, неточность изготовления базирующих пальцев и наличие гарантированных зазоров в соединении палец – отверстие.

При установке заготовки без приспособления для обеспечения ее правильного положения необходимо производить выверку заготовки по двум базовым поверхностям с помощью контрольной оправки, устанавливаемой в шпинделе, и щупов или по индикатору. Используют также эталонный угольник с магнитом, который закрепляется на обработанной поверхности заготовки. С помощью микроскопа, устанавливаемого в шпиндель станка, обеспечивают оптическую ориентацию заготовки по риску на угольнике.

При базировании по плоскости и отверстию заготовку устанавливают по отверстию с помощью грибкового и индикаторного центроискателя.

Установка заготовок без приспособления требует много времени. Для сокращения времени простоя целесообразно применять приспособления с быстродействующими приводами и зажимами.

#### **13.4 Особенности установки приспособлений на станках с ЧПУ**

Основной особенностью является необходимость полного базирования приспособления на столе станка с жесткой связью с началом координат станка, а также быстрая смена приспособлений на станке.

Для полного базирования приспособления должны быть предусмотрены базирующие элементы, соответствующие посадочным местам станка и обеспечивающие точное положение приспособления:

1) при наличии на столе станка продольных пазов и центрального поперечного паза приспособление базируется с помощью установочных шпонок 1 или штырей по продольному и поперечному пазам (рис. 13.2, а);

2) если на столе имеются центральное отверстие и продольные пазы, то для базирования используются два штыря (рис. 13.2, б), если только продольные пазы, то приспособление базируется по пазу посредством двух шпонок. При этом будет иметь место неполное базирование, поскольку приспособление будет лишено лишь пяти степеней свободы. Дополнительное базирование по продольной оси стола может быть осуществлено с помощью упора, установленного на столе станка;

3) приспособления можно базировать только по двум плоскостям «в координатный угол» посредством точно изготовленного и выверенного угольника 1, установленного и закрепляемого в продольных пазах стола станка (рис. 13.2, в).

4) при базировании приспособлений только по продольному пазу установка инструмента 2 в исходную точку обработки может осуществляться по шупу и установкам 1 и 3, закрепленным на корпусе приспособления (рис. 13.2, г). Установку инструмента в исходную точку можно производить также по установочному отверстию или штырю, что, естественно, увеличивает подготовительно-заключительное время, поскольку в шпиндель станка необходимо установить специальную сплошную или полую эталонную оправку, ось которой необходимо совместить с осью отверстия или штыря приспособления. После этого оправку вынимают и устанавливают в шпиндель станка требуемый инструмент;

5) при установке приспособления на спутниках возможны различные варианты базирования в зависимости от конструкции спутника. Так, если к спутнику 1 прикреплены поперечная 3 и продольная 4 планки с Т-образными

пазами (рис. 13.2, д), приспособление 2 базируют по планке 4 и шпонке 5, устанавливаемой на планку.

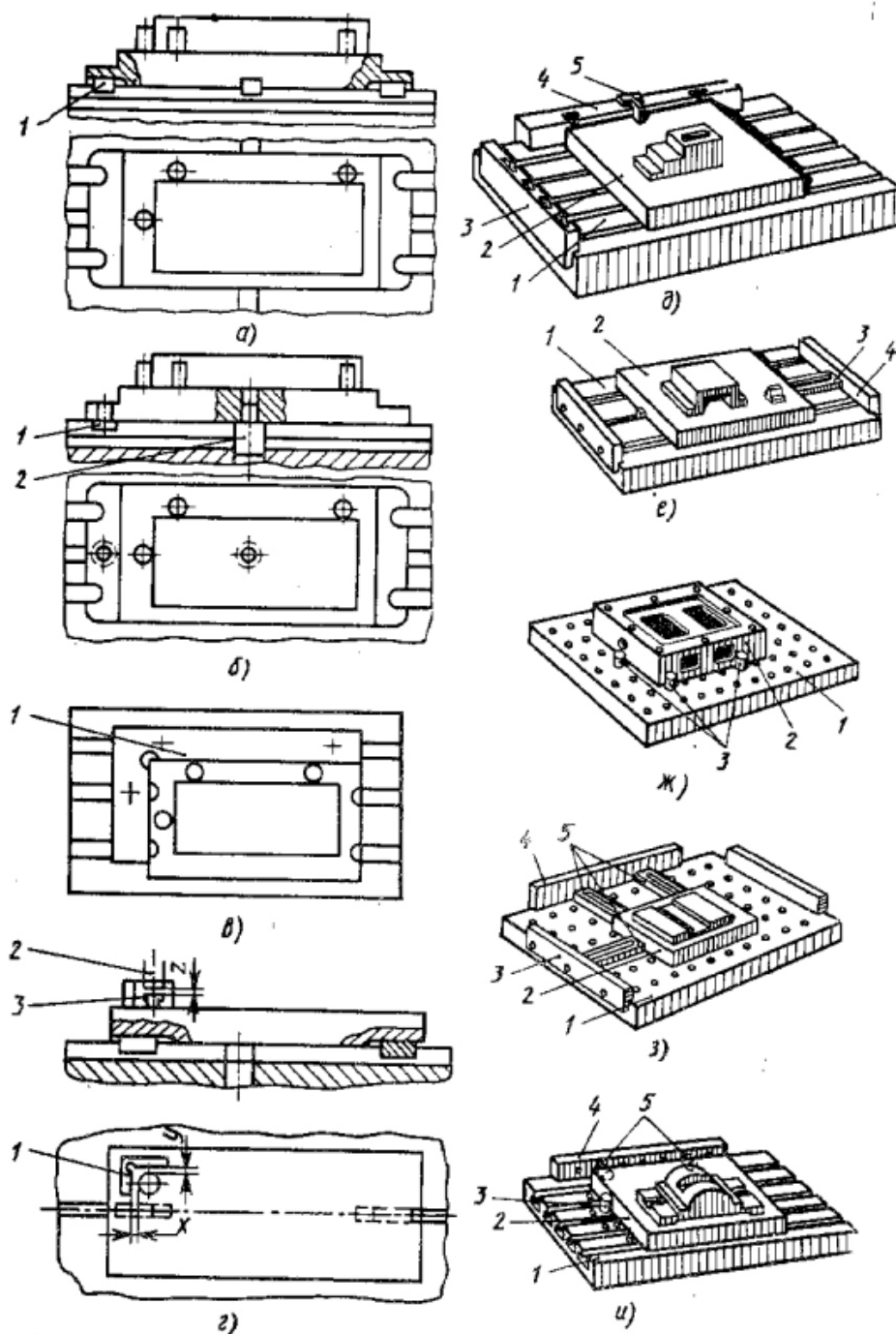


Рис. 13.2 - Схема базирования приспособления с помощью станка: 1 – стол станка; 2 – приспособление; 3 – угольник.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 по Т-образному пазу посредством шпонки и в продольном направлении посредством мерной планки 3, упирающейся в торцовую планку 4, показано на рисунке 13.2, е.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 с сеткой координатно-фиксирующих отверстий посредством трех штырей 3, установленных в отверстиях плиты, показано на рис. 13.2, ж.

Приспособление 2, которое базируется на спутнике 1 с сеткой отверстий посредством мерных планок 5, упирающихся в торцовые планки 3 и 4, показано на рис. 13.2, з.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 с Т-образными пазами и отверстиями посредством штыря 3 в отверстии плиты и двух штырей 5, установленных в торцовой планке 4, показано на рис. 13.2, и.

При установке приспособлений на станках возникают погрешности установки приспособления  $\epsilon_{у.пр.}$ , суммирующееся из погрешности базирования приспособления на станке  $\epsilon_6$ , погрешности закрепления приспособления  $\epsilon_3$  и погрешности, возникающей от износа элементов для установки приспособления  $\epsilon_{из.э}$ . Поскольку в мелкосерийном производстве на станке устанавливаются различные приспособления, все погрешности, включая погрешность износа элементов для установки приспособления, представляют собой поля рассеяния случайных величин.

Погрешность установки можно определить по формуле:

$$\epsilon_{у.пр} = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{из.э}^2}$$

При установке приспособлений на палетах возникает погрешность палеты  $\epsilon_{п.}$ , которая включает погрешности изготовления паллеты  $\epsilon_{изг.п.}$ ; погрешности износа поверхности палеты для базирования приспособлений  $\epsilon_{из.п}$  и погрешности установки палеты на станке  $\epsilon_{у.п.}$ :

$$\epsilon_{\text{п}} = \sqrt{\epsilon_{\text{изг.п}}^2 + \epsilon_{\text{из.п}}^2 + \epsilon_{\text{у.п}}^2}$$

Погрешность установки палеты на станке

$$\epsilon_{\text{у.п}} = \sqrt{\epsilon_{\text{б.п}}^2 + \epsilon_{\text{з.п}}^2 + \epsilon_{\text{из.п}}^2}$$

где  $\epsilon_{\text{б.п}}$  – погрешность базирования палеты на столе станка;

$\epsilon_{\text{з.п}}$  – погрешность закрепления палеты;

$\epsilon_{\text{из.п}}$  – погрешность от износа элементов для установки палеты на станке.

При установке приспособления по продольному и поперечному пазам погрешности базирования приспособления определяются как зазоры между пазом и шпонкой или пазом и штырем. При установке приспособления по отверстию и пазу  $\epsilon_{\text{б}}$  определяется как зазор между штырем и отверстием или между штырем и пазом. Для сведения к нулю  $\epsilon_{\text{б}}$  необходимо наличие беззазорного соединения, что обеспечивается применением конических подпружиненных пальцев или разжимных пальцев.

### **13.5 Приспособления для обработки заготовок с четырех и пяти сторон**

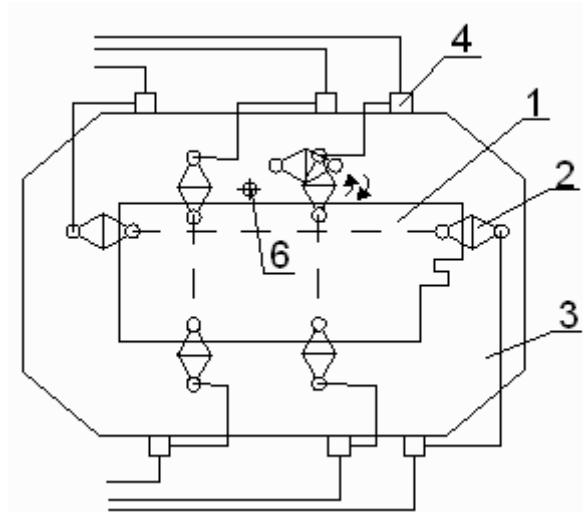
Для фрезерования заготовок плоскостных деталей по контуру их закрепляют прихватами сверху. Для подхода фрезы к заготовке, ее последовательно раскрепляют и закрепляют. Для обработки участка, на котором установлен прихват, заготовку открепляют и снимают прихват. После обработки этого участка прихват вновь устанавливают и закрепляют заготовку.

Для повышения производительности обработки применяют приспособления с автоматическим закреплением-откреплением заготовок (рис. 13.3).

Фреза 6 движется по контуру. Золотниковое устройство 4 регулирует положение прихватов. Когда идет врез, то прихват поворачивается.



При обработке заготовок корпусных деталей наибольшая эффективность достигается при выполнении с одной установки наибольшего числа переходов. Для этого нужна полная доступность инструмента. В этом случае закрепление заготовок небольшой высоты, имеющих обработанную плоскую установочную поверхность, может осуществляться на плитах с постоянными магнитами.



1 – заготовка, 2 – поворотные прихваты, 3 – основание, 4 – золотниковое устройство, 5 – трубопровод, 6 – фреза

Рис.13.3 - Схема автоматического закрепления заготовок.

При этом устанавливается на два плоских магнита, причем в заготовке должно быть два технологических отверстия, а в магнитных плитах – два штыря, чтобы воспринимать силы, стремящиеся сдвинуть заготовку.

Другой метод крепления детали – метод крепления с помощью прихватов или болтов. Этот метод можно реализовать, если корпусные детали имеют специальные пластики и отверстия в них.

Для обработки заготовок с пяти сторон приспособление устанавливают на поворотно-делительных столах с двумя осями поворота или на делительной стойке, установленной на столе станка.

## **13.6 Оснастка для промышленных роботов**

### ***13.6.1 Назначение и классификация захватов***

Захватное устройство является рабочим органом промышленных роботов. Оно предназначено для захвата и удержания предмета производства или технологической оснастки. Поскольку предметы производства различаются по размерам, форме и массе, то и захватные устройства должны быть разного характера. Поэтому их относят к сменным элементам промышленных роботов – оснастке. Роботы могут комплектоваться набором типовых захватных устройств, которые можно применять в зависимости от конкретных требований. Захватные устройства – важнейший элемент робота, и гибкость робота определяется гибкостью захватных устройств. К захватным устройствам предъявляется ряд требований:

- 1) надежность захвата и удержание заготовки;
- 2) стабильность базирования;
- 3) универсальность, то есть способность захватывать заготовки в широком диапазоне типоразмеров;
- 4) высокая гибкость, то есть легкая и быстрая переналадка или смена захватного устройства;
- 5) малые габариты и масса.

Захватные устройства состоят из привода, передаточного механизма и захватывающих элементов (пальцы, губки). Приводы делятся на пружинные, пневматические, гидравлические, электромеханические, электромагнитные, магнитные, вакуумные. Преимущественно используются пневматические приводы (достоинства: простота конструкции, легко регулируемые, не боятся температуры). Пневмозажимы используются для захвата малых и средних заготовок. Для захватных устройств с пневмоприводом характерно применение передаточных механизмов (механизмов – усилителей). Гидропривод обеспечивает большие силы при малых габаритах благодаря высокому давлению масла, что в сочетании со способностью к регулированию

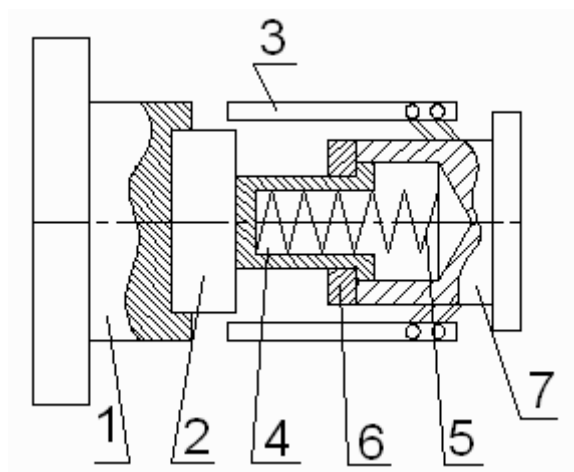
предопределяет его достаточно широкое применение. Для зажимных устройств с гидравлическим приводом широко используют реечно-зубчатые передачи.

Электромеханические приводы используются в сочетании с самотормозящимися винтовыми, червячными передачами. Имеют сложную конструкцию, используются ограниченно.

По типу захватов хватные устройства делятся на механические, магнитные, вакуумные и с эластичными камерами.

### ***13.6.2 Механические хватные устройства***

Их применяют для обслуживания металлорежущих станков с ЧПУ. По числу захватов делят на одно- и многозахватные устройства, по способу базирования – центрирующие и нецентрирующие. Наиболее широко применяются для станков токарной группы, обеспечивая загрузку деталей типа тел вращения. Для автоматического поджима заготовок (типа дисков) при установке их в патроне хватные устройства снабжаются подпружиненными упорами (рис. 13.4).



1 – патрон, 2 – деталь, 3 – губки захвата, 4 – упор подвижный, 5 – пружина,  
6 – крышка, 7 – корпус захвата

Рис. 13.4 - Хватное устройство с подпружиненным упором.

*По характеру крепления к рабочему органу робота хватные устройства подразделяются на 4 группы:*

1) несменяемые хватные устройства;

- 2) сменные захватные устройства;
- 3) быстросменные;
- 4) автоматизированные.

*Несменяемые захватные устройства* являются неотъемлемой частью конструкции робота. Предназначены для взаимодействия с одной деталью и не требуют переналадки. Они характерны для массового производства. Захват деталей разных размеров обеспечивается раскрытием губок из расчета размеров наибольшей детали. В качестве несменяемых захватных устройств также применяют целевые (специализированные) захватные устройства, которые способны захватывать детали сходные по конфигурации, и обеспечивать возможность перехода с одного типоразмера заготовок на другой. Для установки цилиндрических заготовок в патроне или центрах токарных станков используют целевые центрирующие зажимные устройства. Такие устройства без замены губок применяются 3 типов:

- а) клещевого типа (с поворотным движением губок);
- б) с плоскопараллельным движением губок;
- в) с тремя захватными губками, перемещающимися к центру и от центра заготовки.

Устройства клещевого типа не обеспечивают постоянства положения оси заготовок. Для сокращения смещения оси при изменении диаметра заготовки губки профилируют так, что в определенном диапазоне диаметров обеспечивается центрирование заготовок. Верхние части губок выполняют одинаковой ширины и располагают одну напротив другой, а нижние части выполняют срезанными. Это позволяет надежно центрировать заготовки типа валов, даже если они ступенчатые.

На рис. 13.5. показаны конструкции целевых центрирующих захватных устройств клещевого типа и с плоскопараллельным движением губок.

Захватное устройство (рис. 13.5, а) имеет две пары поворотных губок 1, установленных на осях 7. Профиль губок допускает центрирование валов в

широком диапазоне размеров. Рейки 3 соединены рычагами 4, образующими с ними шарнирный параллелограмм. При перемещении реек 3 вверх посредством тяги 2 привода зубчатые секторы 8 рычагов, зацепляющихся с рейками 3, поворачиваются попарно, что создает возможность захватывания ступенчатых валов. Части 5 профиля губок 1 срезаны по толщине, а части 6 имеют полную ширину. Это обеспечивает захват и центрирование заготовок, расположенных в момент захватывания со смещением. Центрирующее захватное устройство, предназначенное для захватывания заготовок типа фланцев и колец, имеет одну пару губок, а в остальном оно аналогично вышеописанному устройству.

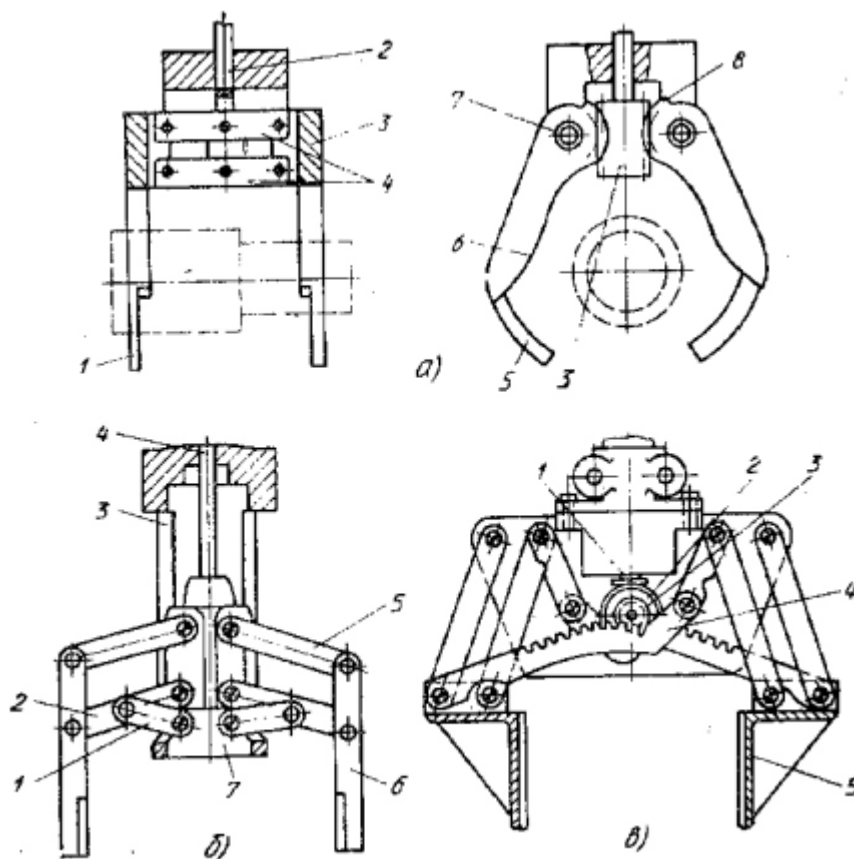


Рис. 13.5 - Центрирующие захватные устройства: *а* – клещевого типа, *б* и *в* – с параллельным перемещением губок.

Центрирующие захватные устройства с параллельным движением губок представлены на рис. 13.5, б и в. Они исключают смещение оси заготовки при изменении ее диаметра в широком диапазоне размеров. В корпусе 3 устройства

шарнирно закреплены рычаги 1 (рис. 13.5, б). Тяга 4 привода, перемещающаяся в направляющих корпуса, соединена со втулкой 7, на которой закреплены оси рычагов 2 и 5. К средним точкам рычагов 2 шарнирно присоединены концы рычагов 1. Рычаги 2 длиннее рычагов 1 в два раза, и шарнирные треугольники, образованные этими рычагами – равнобедренные. Поэтому нижние концы рычагов 2 и 1 будут располагаться на одной прямой при любых углах между ними, что обеспечивает прямолинейность перемещения губок. Захватные губки 6, шарнирно закрепленные на концах рычагов, составляющие с ними и тягой 4 шарнирные параллелограммы, обеспечивают параллельность губок.

В захватном устройстве на рис. 13.5, в привод через центральный валик 1 передает вращение с помощью установленного на нем центрального зубчатого колеса планетарной передачи водилу, а от него через конические шестерни 2 – двум зубчатым колесам 3, входящими в зацепление с зубчатыми секторами 4, нарезанными на криволинейной поверхности планок, замыкающих шарнирные четырехзвенники. К планкам прикреплены захватные губки 5.

Центрирующие захватные устройства с тремя губками (рис. 13.6) сохраняют положение оси или наружных базирующих поверхностей в широком диапазоне диаметров заготовок. Устройства имеют подвижную вдоль оси симметрии захватного устройства опору, перемещаемую в направлении заготовки. Торцы опоры контактируют с заготовкой. Две поворотные зажимные губки кинематически связаны с опорой посредством кулачкового механизма, позволяющего перемещать зажимные губки по заданному закону, обусловленному формой заготовки и особенностями их базирования.

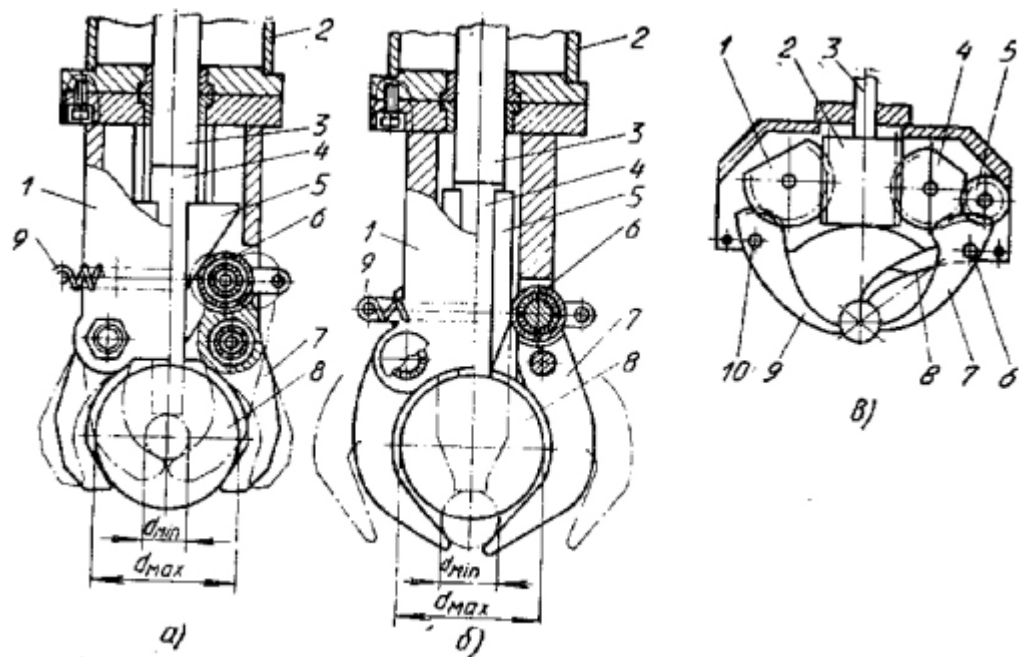


Рис. 13.6 - Центрирующие захватные устройства с тремя губками: а – для установки заготовок в центрах; б – для установки заготовок в призму; в – с губками специального профиля.

Устройство, показанное на рис. 13.6, а, предназначено для установки заготовок в центрах, а на рис. 13.6, б – в призму. Корпус 1 захватного устройства (рис. 13.6, а) прикреплен к рабочему органу 2 робота, в котором установлен пневмо- или гидроцилиндр со штоком 3. Последний жестко соединен с подвижной опорой 4, на которой установлен кулачок 5. Захватные губки 7 имеют на концах ролики 6, контактирующие с кулачками 5. Пружина 9 создает силовое замыкание кулачкового механизма. Заготовка 8 контактирует с рабочими поверхностями подвижной опоры 4 и захватных губок 7. Для захвата заготовки рука робота с захватным устройством перемещается сверху вниз в положение, соответствующее оси заготовки (независимо от его диаметра). При этом заготовка находится между разведенными губками. После этого привод перемещает опору 4 и кулачок 5 вниз, в результате чего губки 7 одновременно с опорой перемещаются к заготовке. Профилирование кулачков позволяет независимо от размера диаметра заготовки обеспечить синхронное касание трех контактирующих элементов с заготовкой, обеспечивая ее центрирование.

В захватном устройстве (рис. 13.6, б) для захвата заготовок, устанавливаемых в призму, перемещение рабочего органа заканчивается тогда, когда захватное устройство займет положение, при котором рабочие поверхности губок 7 будут представлять собой продолжение рабочих поверхностей призмы, в которую устанавливается заготовка, а затем обеспечивается поджим заготовки к губкам подвижной опорой 4. Шарикодиапазонное центрирующее захватное устройство с тремя губками (рис. 13.6, в) обеспечивает сохранение оси заготовок независимо от их диаметров. Устройство имеет три губки специального профиля, на которых выполнены зубчатые секторы. Две губки 7 и 8 свободно установлены на общей оси 6, а губка 9 – на оси 10, зубчатые секторы губок 7 и 9 зацепляются с одинаковыми зубчатыми колесами 1 и 4, зацепляющимися одновременно с рейкой 2, соединенной с тягой 3 привода. Зубчатый сектор губки 8 зацепляется с зубчатым колесом 4 через промежуточное зубчатое колесо 5. При перемещении рейки 2 зубчатые колеса 4 и 1 поворачивают губки 7 и 9 на одинаковый угол. При этом колесо 4 через промежуточное зубчатое колесо 5 поворачивает губку 8 на тот же угол навстречу губке 7. Губки сходятся к центру заготовки таким образом, что углы между каждой из губок и направлениями от их осей на ось заготовки остаются одинаковыми при любом раскрытии губок, что обеспечивает центрирование заготовки. Такое устройство обеспечивает больший, чем приведенные выше конструкции, диапазон захвата заготовок при тех же габаритах устройства, но конструкция его сложнее.

Для захвата различных заготовок при загрузке-разгрузке в приспособлениях станков применяют несменяемые захватные устройства со сменными губками, что расширяет их технологические возможности. Сменные губки крепятся с помощью винтов. Иногда предусматриваются направляющие элементы в виде призматических или прямоугольных направляющих (рис. 13.7).



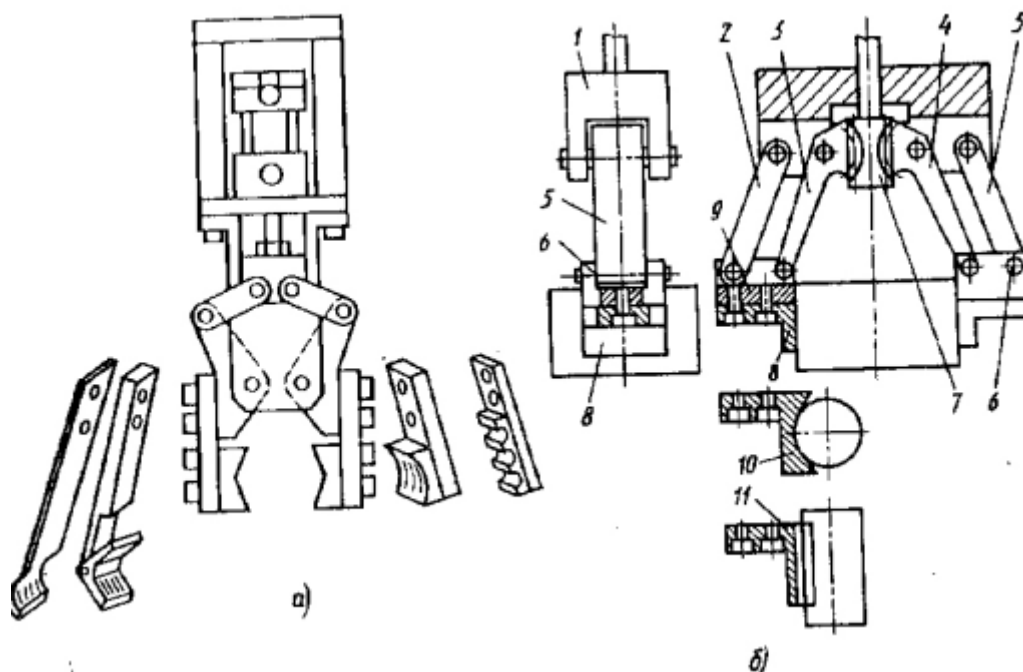


Рис. 13.7 - Захватные устройства со сменными губками: а – с шарнирно-рычажным механизмом; б – с зубчатым и рычажными механизмами.

Захватное устройство с зубчатым механизмом показано на рис. 13.7, б. В корпусе 1 на осях свободно установлены две пары рычагов 2 и 3, 4 и 5, зубчатые секторы рычагов 3 и 4 зацепляются с рейкой 7, соединенной с тягой привода зажимного устройства. Рычаги попарно соединены с кронштейнами 6 и 9, к которым крепятся сменные губки 8, 10 и 11. Рычаги, кронштейны с губками и корпус образуют два шарнирных механизма, которые обеспечивают центрирование захватываемых заготовок плоских деталей (с губками 9) или цилиндрических (с губками 10 и 11).

Захватное устройство (рис. 13.8) с электроприводом 4 и с двумя парами быстросменных губок 3 и 1 предназначено для захвата заготовок различных диаметров. Быстрая смена губок осуществляется поворотом всего узла относительно оси 2. При этом муфта привода размыкается. Раскрытие губок осуществляется пружинами 6. После захвата заготовки губки жестко фиксируются тягой 5.

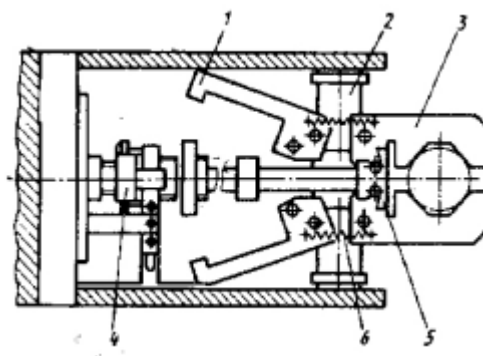


Рис. 13.8 - Захватное устройство с рычажными механизмами.

*Сменные захватные устройства* – самостоятельные агрегаты с базовыми поверхностями для крепления к рабочему органу промышленного робота. Применяются при обработке заготовок большими партиями. Распространено фланцевое крепление сменных устройств. На работе выполняется фланец с центрирующим отверстием и резьбовыми отверстиями, расположенными по окружности. Это позволяет размещать часть элементов захватных устройств внутри робота. Существует два исполнения фланца: круглой и квадратной формы с одинаковыми координатами крепежных отверстий. На круглых фланцах больших размеров выполняют четыре дополнительных крепежных отверстия, обеспечивающих большую грузоподъемность захватов (рис. 13.9).

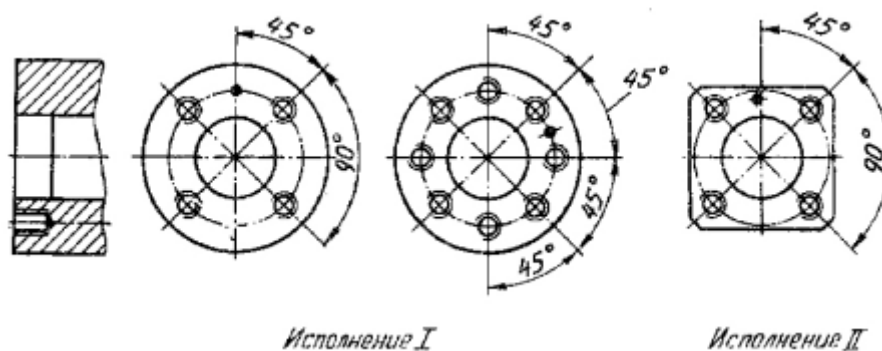


Рис. 13.9 - Сменные захватные устройства: исполнение I с круглым фланцем; исполнение II с квадратным фланцем.

*Быстросменные захватные устройства* применяют в серийном и мелкосерийном производстве при обработке заготовок небольшими партиями.

Исполнения разнообразны. Часто используют байонетное крепление или близкое к нему (рис. 13.10).

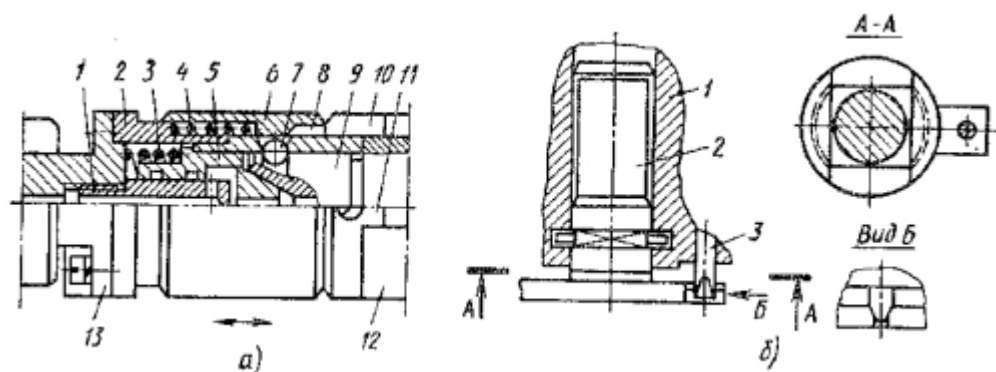


Рис. 13.10 - Быстросменные захватные устройства.

При установке в жестко закрепленный на рабочем органе 13 робота корпус 2 сменного захватного устройства 12 оправка 9 смещает клапан 5 влево, сжимая пружину 3 до западания шариков 7 в кольцевую проточку оправки (рис. 13.10, а). при этом пружина 4 перемещает гильзу 6 вправо до упора в неподвижное кольцо 10, прижимая шарики 7, фиксирующие захват в осевом направлении. Торцовое шпоночное соединение 11 фиксирует захват от поворота. Для смены захватного устройства гильзу 6 перемещают влево вручную, сжимая пружину 4. Шарики под действием пружины 3, перемещающей клапан 5 вправо, смещаются в кольцевую проточку 8 гильзы. При этом клапан 5 перекрывает канал 1 для подвода рабочей среды пневмо- или гидропривода, а оправка 9 смещается вправо. После этого наладчик снимает захватное устройство и заменяет его другим. Время установки и фиксации захватного устройства – не более 0,1 мин. Конструктивным исполнением мест крепления быстросменных захватных устройств может иметь байонетное крепление. Такое крепление может быть использовано как для быстрой ручной, так и для автоматической смены захватных устройств. Конструкция мест крепления быстросменных захватных устройств к рабочему органу робота показана на рис. 13. 10, б. В рабочем органе 1 робота выполняется гнездо для установки хвостовика 2 быстросменного захватного устройства и фиксаторный палец 3. Для замены захватного устройства

необходимо повернуть его на  $90^0$  (см. вид А – А) и вынуть из гнезда, предварительно вынув фиксатор.

Конструкция *автоматизированных захватных устройств* должна обеспечивать возможность автоматического закрепления их на рабочем органе робота. Применяются в мелкосерийном производстве при обработке заготовок минимальными партиями. Такие устройства могут быть *автоматически переналаживаемые* и *автоматически заменяемые*. Автоматическая переналадка захватных устройств в соответствии с геометрическими параметрами заготовок повышает их универсальность. Конструкции разнообразны (рис. 13.11).

Автоматическое переналаживаемое захватное устройство (рис. 13.11, а) состоит из корпуса 12 с губками 8, зубчатые секторы которых зацепляются с рейкой 9, соединенной со штоком поршня пневмоцилиндра 10, подвижно установленного в корпусе. Цилиндр 10 может перемещаться гидроцилиндром 11, масло в который нагнетается из бака 7 насосом 6 через распределитель 1. Положение цилиндра 10 определяется преобразователями 3 и 2, задающим блоком 5 и настраиваемым сигналом блока сравнения 4. Такая конструкция позволяет обеспечить постоянное (минимальное) время зажима-разжима заготовок различных размеров.

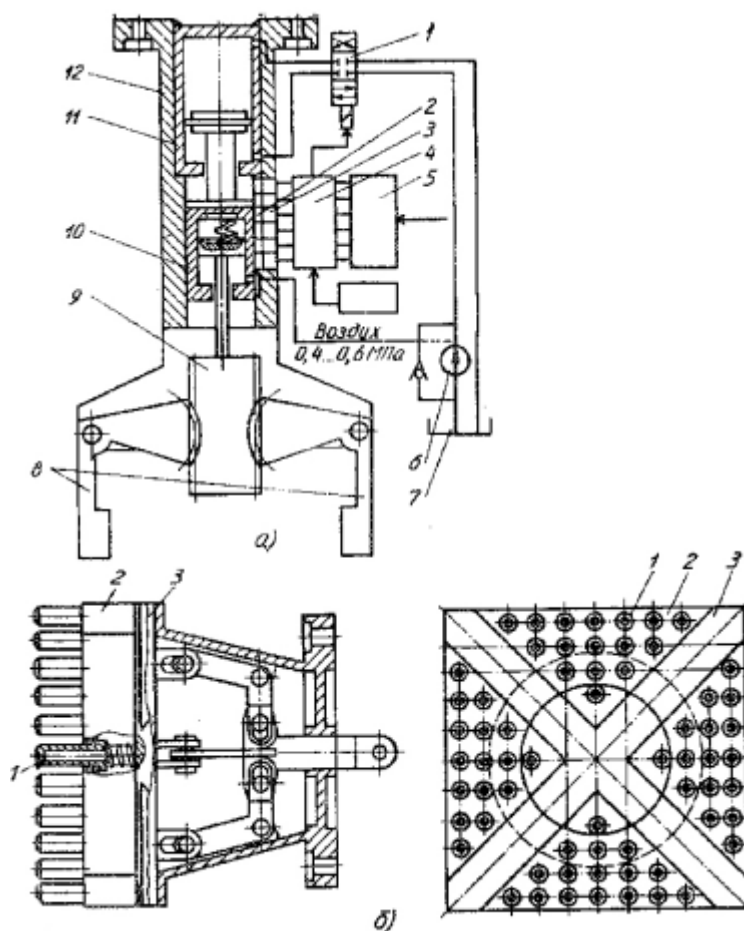


Рис. 13.11 - Автоматически переналаживаемые устройства.

Многопальцевое автоматически переналаживаемое захватное устройство с подпружиненными пальцами 1, установленными на каретках 2, перемещающихся относительно корпуса 3, показано на рис. 13.11, б. При подходе к заготовке и соприкосновении с ней часть пальцев, перекрываемых головкой, утапливается. При сближении кареток пальцы, оставшиеся неутопленными, захватывают и зажимают заготовку. Такая конструкция обеспечивает возможность захвата заготовок различной формы и размеров.

Для хранения сменных захватных устройств могут быть использованы магазины стационарного, подвижного и комбинированного типов. Магазин сменных захватных устройств выполняется в виде поворотного диска с кодовыми гребенками. Поворот диска осуществляется от гидропривода через зубчатую передачу. В диске попарно расположены фиксирующие пальцы, ориентирующие по окружности сменные захватные устройства. На торцах

захватных устройств выполнены Т-образные пазы, которые при установке захватных устройств в магазин образуют кольцевой паз, с которым взаимодействуют два гидравлических Т-образных прихвата, установленных на двуплечем поворотном рычаге, снабженном зажимными элементами. В исходном положении прихваты вводятся в пазы сменных захватов, установленных в магазине. Выбор и смена требуемой пары захватов осуществляется при вращении магазина.

Схема механизма (рис. 13.12) выполнена на основе быстросменного захватного устройства (см. рис. 13.10).

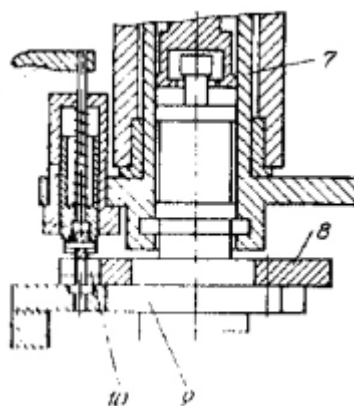


Рис. 13.12 - Устройство автоматической схемы захватов.

Захватные устройства в гнездах магазина, выполненного в виде неподвижной стойки или поворотного диска. Захватное устройство опирается на торцовую поверхность магазина 1 фланцем 8 и центрируется цилиндрическим пояском 9 по отверстию гнезда магазина, имеющему вырез для прохода верхней части корпуса захватного устройства. Угловое положение захватного устройства определяется штифтом 2. Угловая фиксация захватного устройства в рабочем органе 7 робота осуществляется фиксатором 4, представляющим собой подпружиненный плунжер с роликом 3. Он закрепляется во втулке 5, установленной на рабочем органе 7 робота. От поворота плунжер удерживается винтом. Он соединен также с рукояткой 6 для ручной фиксации захватного устройства. Поскольку штифт 2 магазина входит в

тот же паз 10 фланца 8, что и ролик 3 фиксатора, в момент установки захватного устройства в магазин штифт 2 отжимает фиксатор. Это позволяет рабочему органу 7 работа вместе с фиксатором повернуться на  $90^0$ , что необходимо для расстегивания байонетного замка. При повороте рабочего органа 7 на  $90^0$  ролик 3 от сжатого фиксатора катится по поверхности фланца 8. После поворота на  $90^0$  рабочий орган 7 работа уходит вверх, а захватное устройство остается в гнезде магазина 1. Для установки в рабочий орган работа нового захватного устройства рабочий орган, перемещаясь в это время на  $90^0$  относительно паза, взаимодействуя с фланцем, отжимается. При повороте рабочего органа на  $90^0$  байонетный замок застегивается. При этом ролик 3 катится по поверхности фланца 8. В конце поворота ролик поднимается вместе с захватным устройством. При этом паз 10 захватного устройства сходит со штифта 2, и фиксатор под действием пружины входит в паз. При обслуживании одним роботом нескольких единиц оборудования автоматическая смена захватов может оказаться единственно возможным решением, если на станках одновременно обрабатываются детали различной конфигурации и массы.

### ***13.6.3 Захватные устройства магнитные, вакуумные и с эластичными камерами***

*Магнитные захватные устройства* могут быть с постоянными магнитами и электромагнитные. Такие устройства пригодны для захвата деталей только из магнитных материалов, преимущественно с плоскими поверхностями. Электромагнитные захваты имеют простую конструкцию и состоят из катушки и сердечника. Они комплектуются на базе небольших электромагнитов, установленных на общей раме (рис. 13.13, а и б). Такие захваты можно использовать для переноса фасонных, круглых и других поверхностях.

При включении тока захват срабатывает. Захваты с постоянными магнитами имеют более сложную конструкцию и не нашли применения, так их необходимо оснащать специальными устройствами для освобождения детали.

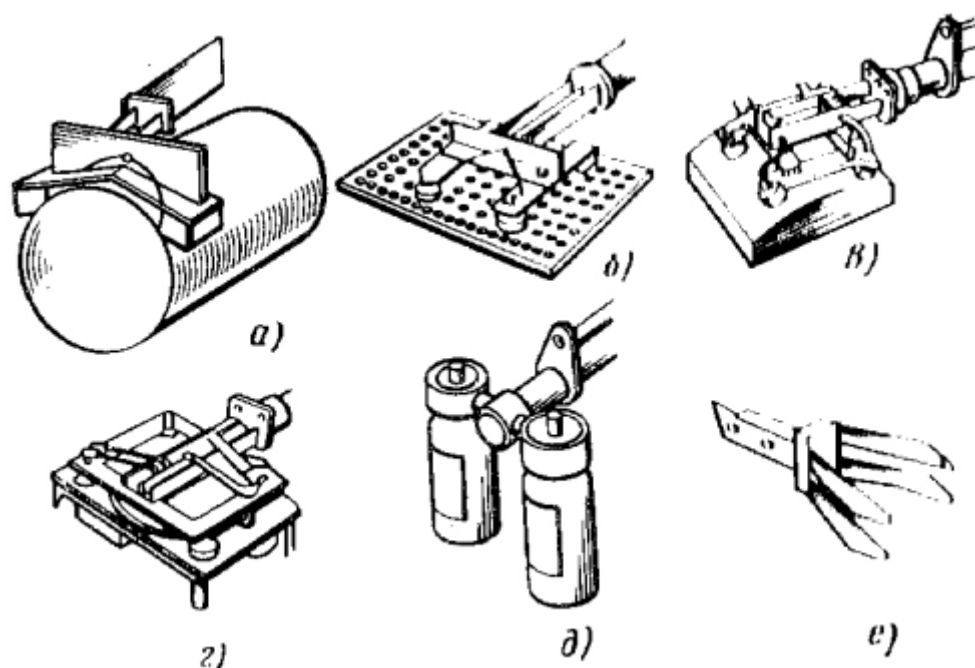


Рис. 13.13 - Захватные устройства: а и б – электромагнитные; в и г – вакуумные; д и е – с эластичными камерами.

*Вакуумные хватные устройства* (присоски) могут быть с простым присосом и принудительным поддержанием вакуума (высасывающие чаши). Применение: для захвата и переноса заготовок с плоскими, ровными поверхностями. Основные элементы: присоски и устройства для создания вакуума. Присоски изготавливают из резины или пластмассы. Обычно для захвата детали используют несколько присосок.

Распространенным устройством для создания вакуума являются эжекторы. В этом случае разрежение получается без специальной насосной установки за счет энергии сжатого воздуха, получаемого из заводской сети. Основой эжектора является тройник, в который клеивают или впаивают пробки с отверстиями малого диаметра.



В вакуумном захватном устройстве (рис. 13.13, в) с четырьмя присосками вакуум создается эжектором, общим для всех присосок и расположенным на раме захвата. В конструкциях захватов, показанных на рис. 13.13, г, эжекторы установлены в каждой присоске, причем они выполняют также и роль присоединительной арматуры воздухопровода.

Захватные устройства с эластичными камерами (рис. 13.13, д) применяют для захвата хрупких деталей. Их действие основано на деформации эластичной камеры под действием давления воздуха или жидкости. Захватное устройство с эластичными камерами-пальцами (рис. 13.13, е) применяют для удерживания деталей как за наружную, так и за внутреннюю поверхность. Обращенные внутрь поверхности пальцев менее эластичны, чем их тыльные стороны, поэтому при подаче давления они изгибаются и прилегают к детали, повторяя ее конфигурацию.

## **14. МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали. В задачи технолога входят: выбор заготовки и технологических баз, установление маршрута обработки, уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки, которые дают представление об установке и закреплении заготовки, определение промежуточных размеров по всем операциям, установление режимов резания, определение штучного времени на операцию по элементам, выбор типа и модели станка.

Общая схема приспособления и принцип его действия определяется технологом и выдается конструктору в качестве исходных данных. Задачи конструктора:

- 1) конкретизация принятой технологом схемы установки
- 2) выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления
- 3) определение величины силы закрепления
- 4) уточнение схемы и размеров зажимного устройства
- 5) определение размеров направляющих деталей приспособлений
- 6) общая компоновка приспособления с установлением допусков на изготовление детали

Конструкцию специального приспособления разрабатывают в 2 этапа:

- 1) проектирование приспособления
- 2) конструирование

На первом этапе выбирают, обосновывают и рассчитывают элементы приспособления. Определяют техническую и экономическую целесообразность возможных вариантов конструкции приспособления.

На втором этапе из выбранных элементов разрабатывают общий вид приспособления и рабочие чертежи оригинальных деталей. Для правильного

решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь полные исходные данные.

Исходными данными для конструирования приспособлений являются:

1) чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах, припусках и допусках на деталь, о шероховатости, материале детали, местах разъема, штампов, по термообработке и другое. По возможности следует пользоваться образцом детали.

2) операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операцию. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях, показывают какие поверхности уже обработаны, какие не обработаны, из них видна точность обработки.

3) карты технологического процесса обработки деталей, в которых указаны последовательность и содержание операций, базирование, применяемые инструменты и оборудования, режимы резания, проектная норма штучного времени, возможно, выделение времени на установку детали.

4) объем выпуска деталей, необходимо, когда не оговорено вспомогательное время.

5) ГОСТы и нормали на узлы и детали станочных приспособлений, альбомы нормализованных конструкций в приспособлениях, паспорта о размерах посадочных мест станков.

Прежде чем приступить к конструированию, конструктор должен изучить данные, выявить технологические возможности инструментального производства, где будут изготавливаться приспособления, выявить на складе наличие нормализованных деталей и узлов, изучить работу аналогичных приспособлений. Если в процессе этой проработки конструктор создает более рациональную схему приспособления, которая улучшает построение операций, то после согласования с технологом, это изменение вносят в технологический процесс.

Конструкция приспособления должны отвечать ряду требований, которые необходимо учесть при выборе отдельных элементов и при разработке общей компоновки приспособлений:

1) приспособление должно обеспечить получение точности. Это достигается выбором соответствующей конструкции и точности элементов приспособления; жесткостью корпуса приспособления, гарантирующей неизменность положения приспособления и отсутствие вибрации; надежностью зажимов, обеспечивающих неизменность положения детали во время обработки; точностью установки приспособления на станке.

2) приспособление должно обеспечить заданную производительность операции. Обеспечивается применением механизированных и автоматизированных зажимных механизмов и силовых приводов, также автоматизацией других рабочих приемов по обслуживанию приспособления.

3) приспособление должно облегчать труд рабочего.

4) приспособление должно быть удобным в эксплуатации. Обеспечивается за счет: а) удобства установки и снятия детали; б) удобства расположения рукояток; в) легкости очистки от стружки; г) простоты установки приспособления на станке; д) отсутствия мелких частей, которые могут затеряться.

5) приспособление должно обладать ремонтпригодностью. Обеспечивается выбором соответствующей конструкции быстроизнашивающихся деталей и способу их крепления на приспособлении.

6) приспособление должно обеспечить безопасность работы, что достигается применением зажимных механизмов с самотормозящими звеньями, специальных блокировочных устройств, обеспечивающих отключение станка при внезапном раскреплении заготовки.

7) приспособление должно быть экономически целесообразным.

Кроме общих требований в зависимости от назначения приспособлению может быть предъявлен ряд дополнительных, которые конструктор должен

обеспечить при разработке. Все эти требования являются обязательными для обеспечения работы приспособления.

## Рекомендуемая литература

### *Основная:*

2. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1975
3. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983
4. Болотин Х. Л., Костромин Р. Н. Станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1983
5. В. А. Горохов. Проектирование и расчет приспособлений. Мн.: Вышэйшая школа, 1986
6. Киселев М.Г., Коробко Е.В., Есьман Г.А. Крепежные устройства на основе электрореологических жидкостей. Мн.: Ротапринт БГПА, 1999
7. Киселев М.Г., Есьман Г.А., Габец В.Л. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении». Часть 1. Мн.: Ротапринт БГПА, 2001
8. Киселев М.Г., Есьман Г.А., Габец В.Л. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении». Часть 2. Учебно-методическое пособие, Мн.: БНТУ, 2009
9. Есьман Г.А., Габец В.Л. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальностей 38 01 01, 38 02 02, 52 02 01 Учебное издание, Мн.: БНТУ, 2011
10. Есьман Г.А., Габец В.Л. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении./ Программа, методические указания и задания для студентов заочной формы обучения специальности Т.06.01.00 – «Приборостроение». Мн.: Ротапринт БГПА, 2001
11. Киселев М.Г., Есьман Г.А. Установка заготовок на станках и применяемые приспособления. Мн.: Ротапринт БНТУ, 2008

*Дополнительная:*

1. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1971.
2. Зависляк Н. И. Современные приспособления к металлорежущим станкам. Л.: Машиностроение, 1967.
3. Корсаков В. С. , Новиков М. П. Справочник по механизации и автоматизации сборочных работ. М.: Машгиз, 1961.
4. Кузнецов В. С., Пономарев В. А. Система универсально-сборочных приспособлений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1964.
5. Уткин Н. Ф. Приспособления для механической обработки. Мн.: Лениздат, 1969.
6. Антонюк В. Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Лен.: Беларусь, 1975.
7. Терликова Т. Ф., Мельникова А. С., Баталов В. И. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1980.
8. Станочные приспособления. Справочник в 2-ух томах / Под редакцией Б. Н. Вардашкина и др. – М.: Машиностроение, 1984.
9. Есьман Г.А. Расчет и проектирование приспособлений./ Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 0531 – «Приборы точной механики». Мн.: БПИ, 1989

