



**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**В.В. Гриценко**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА**

Учебное пособие для студентов направления  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
всех форм обучения

*Рекомендовано Рубцовским индустриальным институтом (филиалом)  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова» в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»*

Рубцовск 2019

УДК 621.9.06 (075.8)

Гриценко В.В. Технологическая оснастка: Учебное пособие для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2019. – 73 с.

Предназначено в качестве руководства для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» как очной, так и заочной форм обучения при выполнении самостоятельной работы для подготовки к лекционным и практическим занятиям по дисциплине «Технологическая оснастка».

В пособии приведены общие сведения о технологической оснастке. Рассмотрены типовые элементы и механизмы станочных приспособлений. Дано понятие погрешности установки заготовок в приспособлениях и методика ее расчета. Рассмотрены особенности установки в приспособления корпусных деталей, типовые конструкции кондукторов и зажимных устройств. Изложена последовательность проектирования приспособлений.

В пособии также приведены контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов к тестированию.

Рассмотрено и одобрено на заседании научно-методического совета Рубцовского индустриального института.  
Протокол № 6 от 27.12.2019.

Рецензент:  
декан технического факультета  
РИИ АлтГТУ, к.т.н., доцент

А.В. Шашок

## Содержание

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКЕ.....	5
1.1 Понятие технологической оснастки.	
Роль технологической оснастки в подготовке производства.....	5
1.2 Классификация приспособлений.....	5
1.3 Задачи, решаемые с помощью приспособлений.....	8
1.4 Влияние приспособлений на показатели точности изделий.....	8
1.5 Особенности конструкций приспособлений в зависимости от типа производства.....	9
2 ТИПОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	9
2.1 Элементы конструкции станочных приспособлений.....	9
2.2 Зажимные механизмы.....	15
2.3 Самоцентрирующиеся устройства.....	19
2.4 Элементы приспособлений для определения положения и направления инструментов.....	21
2.4.1 Шаблоны и установовы.....	21
2.4.2 Кондукторные и направляющие втулки.....	22
2.4.3 Копировальные устройства.....	22
2.4.4 Делительные устройства, основные детали и узлы.....	23
2.5 Корпуса приспособлений.....	24
2.6 Вспомогательные элементы.....	26
3 ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ.....	26
3.1 Погрешность базирования.....	26
3.2 Погрешность закрепления.....	27
3.3 Погрешность положения заготовки.....	29
4 ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА ПАЛЬЦЫ.....	30
4.1 Условия возможности установки деталей на два цилиндрических пальца.....	30
4.2 Условие возможности установки деталей на один цилиндрический и один срезанный пальцы.....	32
4.3 Определение величины поворота детали при установке на пальцы.....	33
5 КОНДУКТОРА.....	34
5.1 Кондукторные и направляющие втулки.....	34
5.2 Расчет кондукторов.....	36
6 ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	37
6.1 Правила закрепления заготовок.....	37
6.2 Порядок расчета зажимных устройств.....	38
6.3 Составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета зажимного усилия.....	39
6.4 Выбор величины коэффициента трения.....	41
6.5 Выбор величины коэффициента надежности закрепления.....	42

6.6 Конструкция и расчет контактных элементов для реализации сил зажима.....	42
6.7 Определение силы зажима, развиваемой с помощью винтовых элементов.....	44
6.8 Расчеты клиновых и эксцентриковых зажимных устройств.....	46
6.9 Силы зажима, создаваемые с помощью рычажных зажимных устройств (прихватов).....	49
6.10 Цанговые зажимы.....	50
6.11 Комбинированные зажимы.....	51
<b>7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....</b>	<b>54</b>
7.1 Содержание основных этапов проектирования.....	56
7.2 Расчет приспособлений на точность.....	57
7.2.1 Составляющие погрешности.....	58
7.2.2 Суммирование составляющих погрешностей.....	59
7.2.3 Последовательность расчета.....	59
7.3 Посадочные места станков.....	59
7.4 Установка приспособлений на токарных, револьверных и круглошлифовальных станках.....	60
7.5 Установка приспособлений на фрезерных станках.....	61
7.6 Разработка технического проекта.....	62
7.7 Оформление сборочного чертежа.....	62
<b>ТЕМАТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕСТИРОВАНИЯМ.....</b>	<b>64</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>73</b>

# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКЕ

## 1.1 Понятие технологической оснастки. Роль технологической оснастки в подготовке производства

*Технологической оснасткой* называется совокупность приспособлений, режущих и мерительных инструментов [1].

Большая роль в производстве различного рода машин отводится технологической подготовке производства, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих готовность предприятия к выпуску машин (изделий) при установленных сроках, объёме выпуска и затратах. К технологической подготовке производства относится также проектирование и изготовление технологической оснастки [1]. Организация и управление технологической подготовкой производства регламентируются стандартами ЕСТПП. ГОСТ 14.001-73, ГОСТ 14.002-73 предусматривают применение переналаживаемой технологической оснастки. При этом регламентируются следующие требования к ней [1]:

- высокий уровень унификации, стандартизации и агрегатирования;
- возможность многократного применения при смене объектов изготовления;
- соответствие условиям эксплуатации; создание типов конструкций, обеспечивающих минимальные сроки и затраты на оснащение производства в период технологической подготовки производства.

В структуре технологической оснастки наибольшую долю её занимают приспособления.

*Приспособлениями* в машиностроении называются вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий [1].

*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 взаимного положения обрабатываемых поверхностей деталей [1].

## 1.2 Классификация приспособлений

### 1.2.1 По целевому назначению

По целевому назначению приспособления делят на следующие группы.

*1) Станочные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок.* Эти приспособления в свою очередь подразделяют (по видам оборудования, где они применяются) на токарные, фрезерные, сверлильные, расточные и т.д. К ним относятся также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и т.д.) [1].

**2) Станочные для установки и закрепления рабочего инструмента.** Сюда относятся различные патроны для свёрл, развёрток, метчиков, фрезерные и сверлильные многшпиндельные головки, инструментальные державки токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. При помощи этих двух групп приспособлений производится наладка технологической системы [1].

**3) Сборочные для соединения деталей в изделия.** Такие приспособления используются в основном для придания правильного положения соединяемых деталей в пространстве, предварительного деформирования (пружины, разрезные кольца), а также для запрессовки, развальцовки, клёпки и других операций, где необходимо приложение значительных усилий [1].

**4) Контрольные.** Применяются для проверки заготовок при промежуточном и окончательном контроле деталей, а также при сборке машин [1].

**5) Транспортно – позиционирующие приспособления,** предназначенные для захвата, перемещения и перевёртывания тяжёлых, а в автоматизированном производстве – любых заготовок или деталей и узлов [1].

## 1.2.2 По степени специализации

Приспособления делят на универсальные, переналаживаемые и специальные [1].

### 1.2.2.1 Универсальные приспособления

**1) Универсальные приспособления (УП).** Применяются в единичном и мелкосерийном производствах для установки и закрепления заготовок, разных по форме и габаритным размерам, обрабатываемых на различных металлорежущих станках (различные патроны, машинные тиски, делительные головки и т.д.). Они, в свою очередь, подразделяются на **стандартные** и **специальные**. Стандартные изготавливаются в централизованном порядке. Специальные – изготавливают для деталей определённого типа, но разных размеров [1].

**2) Универсальные безналадочные приспособления (УБП).** Используются для закрепления заготовок широкой номенклатуры и различной конфигурации. К ним относятся: универсальные патроны с неразъёмными кулачками, универсальные фрезерные и слесарные тиски [1].

### 1.2.2.2 Переналаживаемые приспособления

**1) Универсально-наладочные приспособления (УНП).** Применяют для установки и закрепления определённой группы схожей по форме заготовок деталей, обрабатываемых на токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Эти приспособления состоят из двух частей – универсальной и сменной (наладочной). Универсальная часть является постоянной и состоит из корпуса, силового привода и некоторых деталей. Наладочная часть состоит из сменных накладок, изготавливаемых в соответствии с формой и габаритными размерами обрабатываемых деталей [1].

**2) Специализированные безналадочные приспособления (СБП).** Используются для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, с одинаковыми базовыми поверхностями, требующих одинаковой обработки (ролики, втулки, диски, кронштейны и т.д.) [1].

**3) Специализированные наладочные приспособления (СНП).** Состоят из двух частей. Первая часть – базовый агрегат, несущий, как правило, основную базовую поверхность, и вторая часть – специализированная сменная накладка. Во многих случаях базовый агрегат имеет одну или несколько вспомогательных базовых поверхностей для установки на них специальных сменных накладок, предназначенных для направления режущего инструмента, механизма зажима заготовки и других деталей [1].

**4) Универсально-сборные приспособления (УСП).** Технико-организационная сущность системы УСП заключается в том, что любое специальное станочное приспособление собирается из стандартизованных и нормализованных деталей и узлов, заранее изготовленных и многократно используемых в собираемых приспособлениях. Комплект УСП состоит из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, и других деталей (комплект может содержать до 25000 деталей) [1].

**5) Сборно-разборные приспособления (СРП).** Собираются из набора нормализованных деталей и узлов, допускающих многократную перекомпоновку собираемых конструкций. После снятия изделия с производства, при изготовлении которого использовались СРП они разбираются и также как УСП используются при сборке новых специальных приспособлений для обработки деталей нового изделия [1].

### 1.2.2.3 Специальные приспособления

**Специальные приспособления (СП).** Предназначены для выполнения определённых технологических операций и представляют собой непереналаживаемые приспособления одноцелевого типа. Их используют в массовом производстве при постоянном закреплении операций на рабочих местах. В серийном производстве часто применяют групповые непереналаживаемые СП для одновременной обработки группы прикрепленных деталей. СП трудоёмки и дорогостоящи в изготовлении, так как их изготавливают методами единичного производства. При освоении нового изделия, ранее использовавшиеся специальные приспособления уже непригодны [1].

### 1.2.3 По степени механизации и автоматизации

Приспособления делят на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические. В автоматизированном производстве приспособления являются элементами сложного транспортно-загрузочно-разгрузочного комплекса.

### 1.3 Задачи, решаемые с помощью приспособлений

Среди задач, решение которых достигается применением приспособлений, можно выделить три основных [1].

1) *Установка заготовок на станках без выверки.* Повышает точность обработки за счёт устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой [1].

2) *Повышение производительности труда.* Повысить производительность труда – это значит сократить норму штучного времени на операцию. В общих затратах труда на обработку деталей наибольший удельный вес имеет основное и вспомогательное время  $T_O$  и  $T_B$ . Вспомогательное время можно сократить, уменьшив время на установку деталей или совместив  $T_O$  и  $T_B$ . Оперативное время  $T = T_O + T_B$  можно уменьшить, применив приспособления, повышающие степень концентрации операций механической обработки. Приспособления расширяют возможности интенсификации технологических процессов, используя параллельные и параллельно-последовательные схемы обработки поверхностей [1].

3) *Расширение технологических возможностей оборудования.* Применение приспособлений расширяет использование универсальных станков, которыми, в основном, оснащены заводы серийного производства. С помощью таких приспособлений на станке выполняют работу, для осуществления которой необходим станок совершенно другого типа. Например, одношпиндельные сверлильные станки, оснащённые многошпиндельными головками, заменяют многошпиндельные станки. На расточном станке обычной точности можно обрабатывать точные отверстия, обеспечивая требуемое направление расточной скалки кондукторными втулками приспособления и т.д. [1].

### 1.4 Влияние приспособлений на показатели точности изделий

Точность механической обработки при использовании автоматического метода получения размеров зависит от применяемых приспособлений [1].

Погрешности можно разделить на две группы: погрешности размера и формы поверхности и точность взаимного расположения относительно других поверхностей детали. Погрешности первой группы оговариваются допуском на размер и особыми условиями в виде обозначений и надписей, определяющими величину отклонения формы. Погрешности второй группы оговариваются допуском на исходный размер, связывающий обрабатываемую поверхность с её исходной базой, и особыми условиями в виде обозначений или надписей, определяющими величину отклонения обрабатываемой поверхности (неперпендикулярность, несоосность и т.п.) [1].

Погрешности первой группы не зависят от приспособления [1]. От приспособления, в основном, зависят погрешности второй группы [1].

## 1.5 Особенности конструкций приспособлений в зависимости от типа производства

В зависимости от типа производства применяют и различные конструкции приспособлений. Для массового и серийного производства в большинстве случаев применяют специальные станочные приспособления с автоматизированными приводами и циклами их обслуживания и обладающие высокой производительностью. В условиях единичного и мелкосерийного производств широкое распространение получила система универсально-сборных приспособлений, основанная на использовании стандартных деталей и узлов. В условиях серийного производства основным является использование переналаживаемых приспособлений [1].

## 2 ТИПОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 2.1 Элементы конструкции станочных приспособлений

Чрезвычайное разнообразие конструкций приспособлений обусловлено субъективным подходом конструктора к решению одной и той же поставленной задачи. Лучшее для изучения конструкций и методики проектирования приспособлений даёт классификация их элементов по выполняемым функциям.

*Элементом* называется деталь или простейший узел приспособления, предназначенные для выполнения определённой функции. По функциональному назначению элементы приспособлений делят на [1]:

- установочные;
- зажимные;
- самоцентрирующие;
- элементы для координации и направления инструмента;
- корпуса и вспомогательные механизмы (делительные, копировальные, фиксирующие и так далее);
- вспомогательные и крепёжные детали (рукоятки, сухари, шпонки и т.д.).

*Установочные элементы.* Своими базами заготовка соприкасается с поверхностями приспособления, которые называют опорными. Чаще всего они выполняются не на корпусе, а на отдельных элементах, закрепляемых на корпусе. Такие элементы также называются опорными. Их делают сменными (для удобства замены при износе) и размещают на корпусе приспособления в фиксированном положении. От точности расположения их на корпусе зависит точность обработки. Опорные поверхности элементов должны обладать большой износостойкостью, поэтому их обычно изготавливают из стали марок 15, 20 и 20Х с цементацией на глубину 0,8... 1,2 мм и последующей закалкой до твёрдости HRC 51...56. Большинство опорных элементов стандартизовано. При установке заготовка опирается на установочные элементы приспособления, поэтому эти элементы называют опорами. Их можно разделить на две группы: группу *основных* опор и группу *вспомогательных* опор [1].

Общие требования, предъявляемые к установочным элементам, определены необходимостью уменьшить погрешности, которые влияют на точность изготовления деталей при использовании приспособлений [1].

Рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров [1].

Установочные элементы не должны портить базы заготовки при установке по обработанным поверхностям [1].

Установочные элементы должны быть жёсткими и обеспечивать сопряжения их с корпусом приспособления [1].

Конструкции установочных элементов должны обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении [1].

Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью [1].

**Основными опорами** называют установочные или базирующие элементы, лишаящие заготовку при обработке всех или нескольких степеней свободы в соответствии с требованиями к обработке. Основные опоры служат для базирования деталей в приспособлении. Они используются в виде штырей, пластин, пальцев, центров, плавающих и сблокированных опор и так далее [1].

**Штыри** (рисунок 2.1) выполняют с плоской, сферической и насечённой головкой. Штыри с плоской головкой необходимы для установки заготовок обработанными плоскостями, вторые и третьи для установки необработанными поверхностями [1].

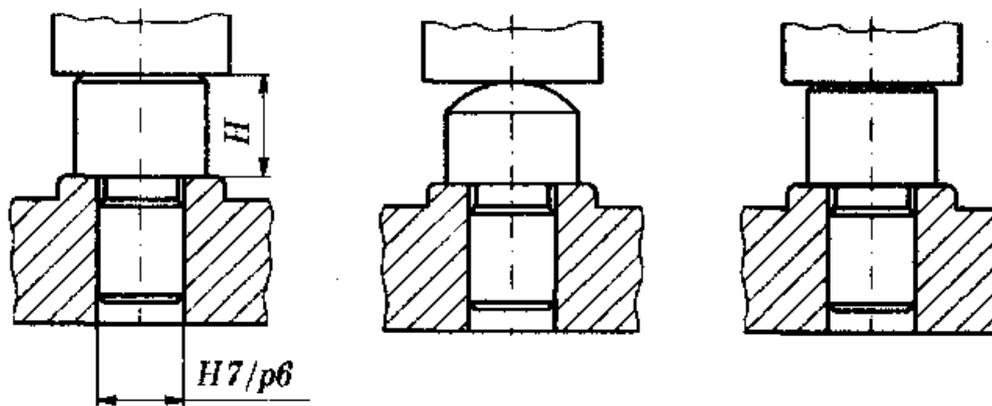


Рисунок 2.1 - Конструкция опорных штырей

Штыри со сферической головкой применяют в случае крайней необходимости, например при установке заготовок узких деталей необработанной поверхностью для получения максимального расстояния между координатными точками [1].

Штыри с насечённой головкой используют для установки деталей по необработанным боковым поверхностям, вследствие того, что они обеспечивают более устойчивое положение заготовок, иногда они позволяют использовать меньше усилий для зажима. При использовании таких штырей в качестве горизонтальных опор учитывают, что очистка их от стружки осуществляется гораздо труднее. В приспособлениях их устанавливают обычно по посадке с натягом соответствующей седьмому качеству точности в отверстия, обработанные

непосредственно в корпусе. Опорные площадки, установленные непосредственно на корпусе, делают слегка выступающими для обеспечения возможности их одновременной обработки в одной плоскости [1].

Высоту штырей  $H$  выполняют по IT5 – IT6 по системе вала. Наличие этих двух конструктивных решений позволяет обеспечить расположение головок опор в одной плоскости. Иногда в отверстие корпуса приспособления запрессовывают переходные закалённые втулки, в которые штыри входят с посадкой с небольшим зазором по седьмому качеству точности (рисунок 2.2) [1].

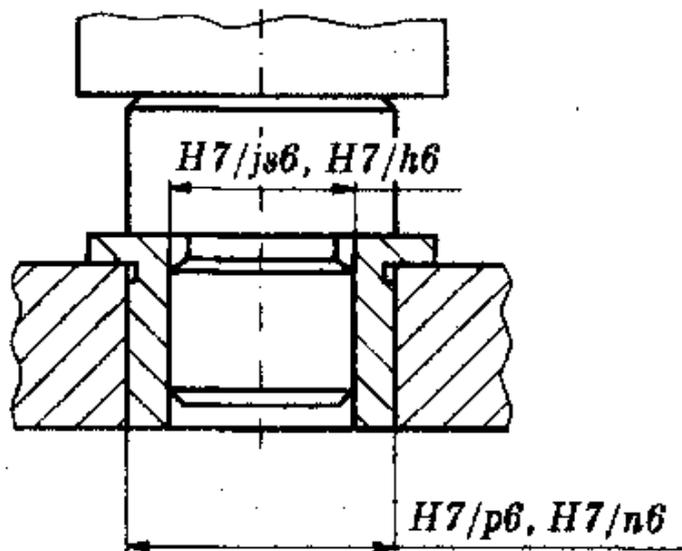


Рисунок 2.2 – Сменные штыри

*Опорные пластины* бывают плоскими и с косыми пазами (рисунок 2.3). Для облегчения перемещения заготовки и безопасной очистки приспособления от стружки вручную рабочая поверхность пластины окаймляется фаской под углом 45°. Косое расположение пазов позволяет непрерывно направлять обрабатываемую деталь при перемещении её по пластинам (если такое перемещение необходимо) и содействует более эффективной очистке установочной поверхности детали при этом перемещении [1].

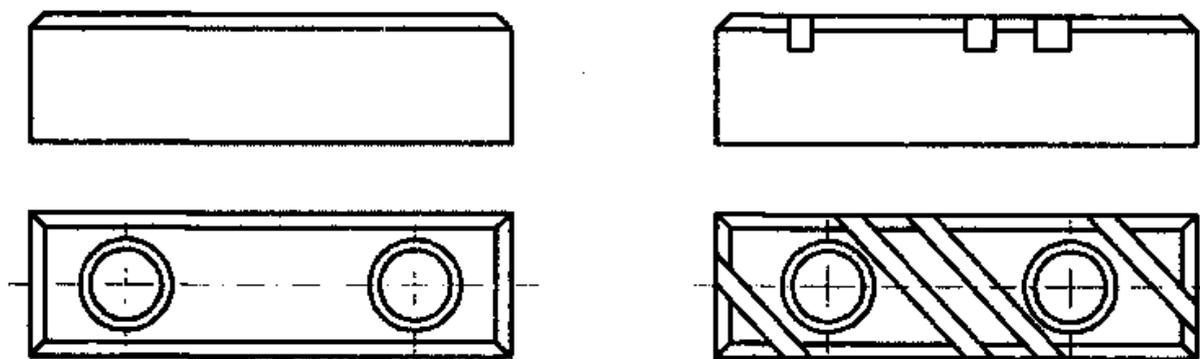


Рисунок 2.3 – Опорные пластины

Если на базовой поверхности заготовки есть припуск, который надо удалить в последующих операциях и который для различных партий заготовок может быть неодинаковым или если у разных партий заготовок форма базовой поверхности имеет некоторые отклонения, то применяют регулируемые опоры. *Регулируемая опора* может располагаться вертикально или может быть боковой. Часто регулируется одна опора в каждой установочной плоскости. В мелкосерийном производстве, где практикуется изготовление деталей разных размеров при использовании одного и того же приспособления, иногда делают все опоры регулируемыми. Регулирование осуществляется в основном наладчиком. (Один из вариантов опоры показан на рисунке 2.4) [1].

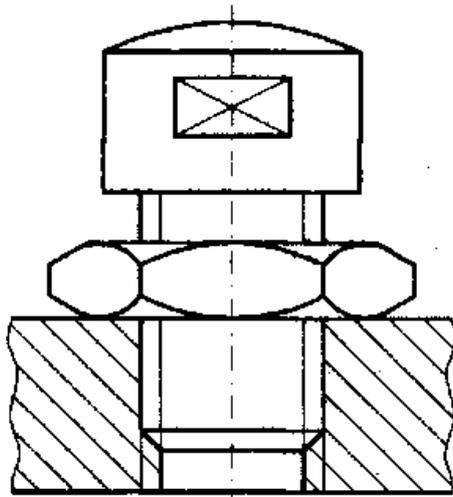


Рисунок 2.4 – Опора регулируемая

При базировании заготовок по цилиндрической поверхности используют установку заготовки на призму (рисунок 2.5) [1].

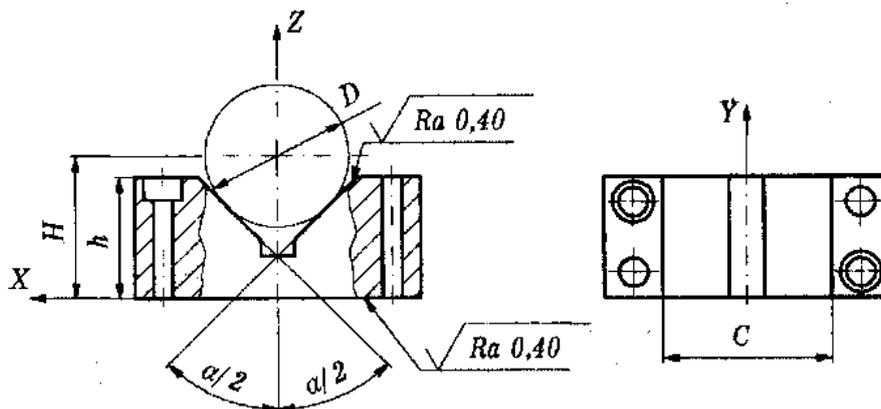


Рисунок 2.5 – Призма

*Призмой* называется установочный элемент, с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклонёнными друг к другу под углом  $\alpha$  [1].

Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы. При установке заготовок с чисто обработанными базами применяют призмы с широкими опорными поверхностями, а с черновыми базами – с узкими опорными поверх-

ностями. По черновым базам применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы. В этом случае заготовки, имеющие искривлённость оси, бочкообразность и другие погрешности формы технологической базы, занимают в призме необходимое положение. При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой, или две соосно установленные призмы, которые после установки на корпусе шлифуют одновременно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности. Если по условиям обработки длинную заготовку надо поставить на несколько призм, то две из них делают жёсткими (основные опоры), а остальные – подвижными (вспомогательные опоры). Призмы также, в свою очередь, могут быть регулируемы [1].

При базировании изделий по плоскости и двум отверстиям базирование производится по двум установочным пальцам [1].

*Пальцами* называют детали приспособлений, на которые обрабатываемая деталь надевается своими обработанными отверстиями. Обычно установку производят не более чем на два пальца, так как использование большего количества пальцев не повышает точности установки, а изготовление приспособления при этом значительно усложняется [1].

Установочные пальцы (рисунок 2.6) делят на:

- постоянные цилиндрические и срезанные;
- сменные цилиндрические и срезанные [1].

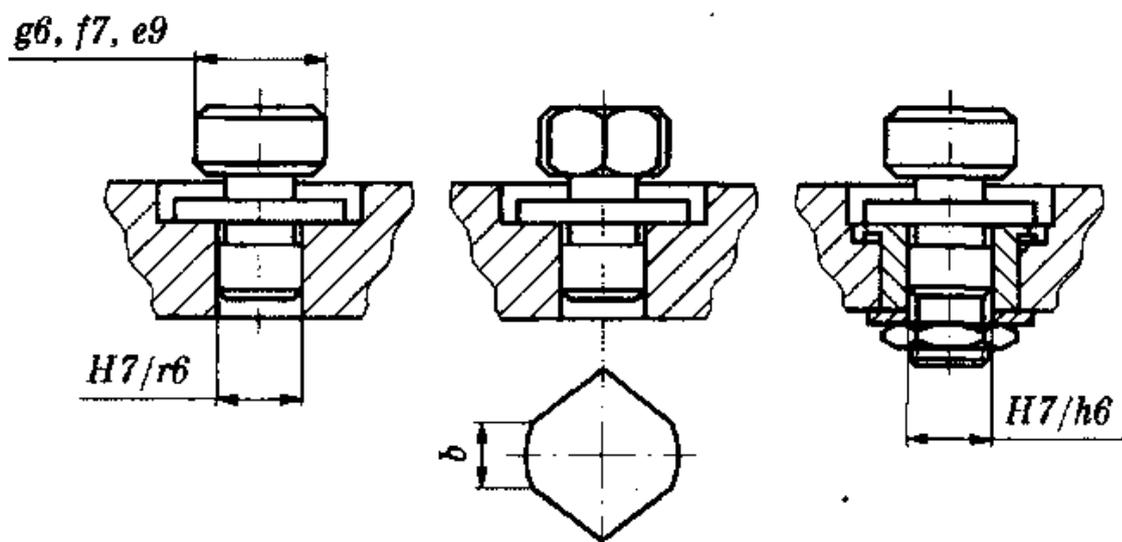


Рисунок 2.6 – Пальцы установочные

Все они стандартизованы. Пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали марки У8А, а свыше 16 мм – из стали марки 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм. Пальцы закаливают до твёрдости HRC 51... 56 [1].

Для деталей, имеющих внутреннюю цилиндрическую или коническую поверхность, в качестве установочных элементов применяют *оправки* (рисунок 2.7). Конструктивно их делят на жёсткие и разжимные. Жёсткие оправки могут быть коническими и цилиндрическими, применяемые для посадки заготовок с гарантированными натягом или зазором. На станке их устанавливают в центрах с помощью конусного хвостовика или фланца [1].

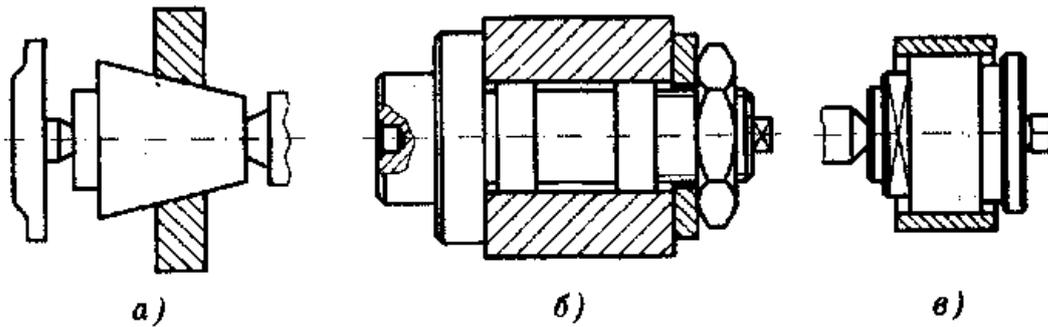


Рисунок 2.7 – Конструкции оправок:  
*а* – коническая; *б* – с зазором; *в* – с гарантированным натягом

Центровальные оправки имеют центровочные гнёзда. Для того чтобы сообщить оправке вращательное движение, на левом конце оправок делают квадрат, лыски или устанавливают поводок. Конусные оправки (рисунок 2.7, *а*) обеспечивают высокую точность центрирования. Конусность рабочей части оправок в этом случае равна 1/1500-1/2000. Заготовка на оправку насаживается лёгкими ударами. Благодаря расклинивающему действию оправок достигается совмещение оси оправки и базового отверстия. Кроме того, заготовка удерживается от проворота за счёт достигнутого натяга и зажима её не требуется. Недостатком таких оправок является отсутствие точного ориентирования партии заготовок по длине за счёт изменений в пределах поля допуска диаметра базового отверстия. Отсюда следует невозможность обработки торцов и уступов на предварительно настроенных станках; невозможность установки длинных заготовок, так как они будут удерживаться только на одном конце [1].

Существуют ещё оправки под запрессовку (рисунок 2.7, *в*). Они, как и конусные, обеспечивают высокую точность центрирования. При напрессовке применяют упорные кольца, которые позволяют ориентировать положение заготовок по длине оправки. Использование таких оправок позволяет производить одновременную подрезку обоих торцов заготовки. Недостаток таких заготовок – необходимость установки на механическом участке дополнительного оборудования: прессов для запрессовки и распрессовки оправок. Оправку ещё могут изготовить цилиндрической с гарантированным зазором (рисунок 2.7, *б*). Проворачивание заготовок на оправке ограничено затягиванием гайки, шпонкой или шлицами, если на заготовке имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие [1].

Во избежание деформаций заготовок, закреплённых в приспособлении к основным опорам, применяют ещё и дополнительные, *вспомогательные* опоры [1]. Количество их конструкций может быть самым разнообразным, так как определяется оно условием обработки, жёсткостью и конфигурацией детали. Вспомогательные опоры применяют *не для базирования*, а для *повышения устойчивости и жёсткости* обрабатываемой детали в приспособлении при обработке, то есть они подводятся к заготовке, после того как она получила достаточную устойчивость. Их *индивидуально подводят к заготовке и потом закрепляют*, таким образом, они превращаются в «жёсткие опоры», но не нарушают положения детали при базировании на основные опоры [1].

## 2.2 Зажимные механизмы

**Зажимными** называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса, сил, возникающих в процессе обработки или сборки. Необходимость применения зажимных элементов отпадает в двух случаях: когда обрабатывают (собирают) тяжёлую, устойчивую заготовку (сборочную единицу), по сравнению с весом которой силы обработки (сборки малы). Когда силы, возникающие при обработке (сборке), приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием [1].

К зажимным элементам предъявляют следующие требования [1].

1. При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима. Зажим не должен вызывать деформации закрепляемых заготовок или порчи (смятия) их поверхностей.

2. Сила зажима должна быть минимально необходимой, но достаточной для обеспечения надёжного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки. Зажим и открепление заготовок необходимо производить с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 147 Н (15 кгс).

3. Зажимные устройства не должны, по возможности, воспринимать силы резания.

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

Выполнение большинства этих требований связано с правильным определением величины, направления и места положения сил зажима.

Зажимные механизмы приспособлений делят на **простые и комбинированные**.

К простым относятся:

- винтовые;
- клиновые;
- эксцентриковые;
- рычажные;
- шарнирно-рычажные;
- пружинные [1].

Комбинированные состоят из двух-трёх сблокированных последовательно простых зажимных механизмов [1].

**По числу точек приложения сил зажима** механизмы делят на: единичные и многократные. Многократные механизмы зажимают одну деталь по нескольким точкам или несколько деталей одновременно и с равными силами [1].

**По степени механизации** зажимные механизмы можно разделить следующим образом [1].

**Ручные** – требующие применения мускульной силы и приводящие к утомлению рабочего. Их применяют в мелкосерийных и единичных производствах [1].

**Механизированные** – работающие от силового привода, в связи с этим их нередко называют механизмами-усилителями. Их применяют в серийном и массовом производствах [1].

**Автоматизированные** – приводящиеся в действие перемещающимися частями станков, силами резания и центробежными силами вращающихся масс, осуществляющие зажим и раскрепление заготовок без участия рабочего. Их применяют в крупносерийных и массовых производствах [1].

Существует множество разновидностей зажимных механизмов.

**Винтовые зажимные механизмы** широко используют в приспособлениях при ручном закреплении заготовок, а также в приспособлениях механизированного типа и при зажиме заготовок в приспособлениях-спутниках, применяемых на автоматических линиях. Их достоинством является простота конструкции, невысокая стоимость и надёжность в работе. Их используют как для непосредственного зажима, так и в сочетании с другими механизмами. Непосредственный зажим осуществляется либо винтом при неподвижной резьбовой втулке, либо гайкой при неподвижной шпильке, либо головками, установленными на конце винта. Зажимные винты и гайки изготавливают из стали марки 35 и 45 с твёрдостью HRC 30...35 и точностью резьбы по 6Н. Недостаток: значительное вспомогательное время, необходимое для разжима и зажима детали, большая работа мускульной силы, непостоянство сил зажима и возможность смещения заготовки от сил трения на торце винта [1].

**Клиновые зажимные механизмы.** Клин очень широко используют в зажимных механизмах приспособлений, этим обеспечивается простота и компактность конструкции, надёжность в работе (см. рисунок 2.8) [1].

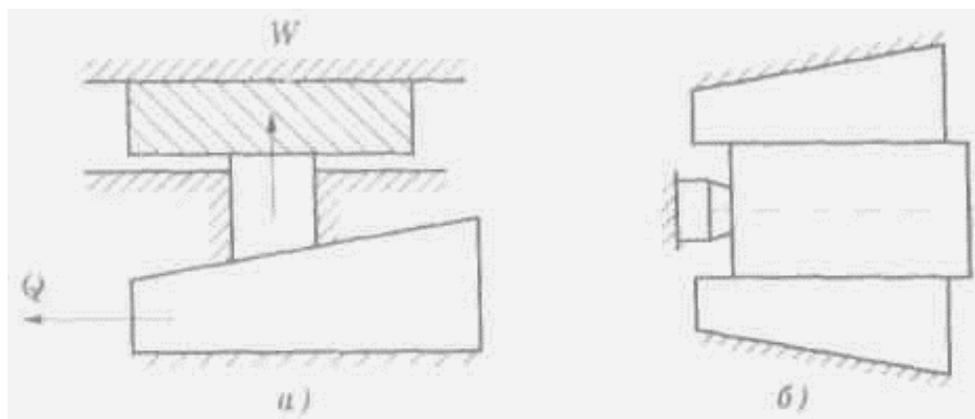


Рисунок 2.8 – Конструкции клиновых зажимных механизмов:

а – механизмы с плоским односкосым клином; б – многоклиновые (многоплунжерные)

Клин может быть как простым зажимным элементом, действующим непосредственно на заготовку, так и входить в сочетание с любым другим простым при создании комбинированных механизмов, то есть их могут применять в качестве промежуточного звена в сложных зажимных системах. Применение в зажимном механизме клина обеспечивает: увеличение исходной силы привода, перемену направления исходной силы, самоторможения механизма. Если кли-

новой механизм применяют для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно равен  $45^\circ$ , а если необходимо увеличить силу зажима или повысить надёжность, то угол клина принимают равным  $6-15^\circ$  (углы самоторможения) [1].

Многоклиновые механизмы бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двухплунжерные применяют как зажимные; многоплунжерные используют как самоцентрирующиеся механизмы. Как уже отмечалось ранее, клин должен быть самотормозящимся для того, чтобы обеспечить надёжное закрепление обрабатываемой заготовки в приспособлении, то есть клин должен зажимать заготовку после прекращения действия на него исходной силы. Конструкция клина также используется в эксцентриковых и кулачковых зажимных механизмах [1].

**Эксцентриковые зажимы** являются самыми быстродействующими из всех ручных зажимных механизмов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами [1].

Эксцентрик представляет собой соединение в одной детали двух элементов – круглого диска и плоского односкосного клина (рисунок 2.9) [1].

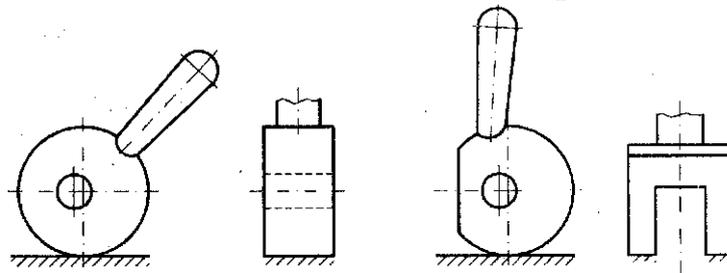


Рисунок 2.9 – Конструкция эксцентриковых зажимов

При повороте эксцентрика вокруг оси вращения диска клин входит в зазор между диском и заготовкой и развивает силу зажима. Рабочая поверхность эксцентрика может быть окружностью (круговые) или спиралью (криволинейные). Различие их заключается в том, что в развёртке круговых эксцентриков плоский клин может получаться криволинейным с переменным углом в зависимости от угла поворота, а у криволинейных эксцентриков переменный угол не зависит от угла поворота. Это означает, что криволинейные эксцентрики создают стабильную силу зажима в партии заготовок, а круговые – нет [1].

Недостатками эксцентриковых зажимов являются: малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета; повышенная утомляемость рабочего, так как при откреплении заготовки рабочему необходимо прикладывать силу, обусловленную свойством самоторможения эксцентрика; ненадёжность зажима при работе инструмента с ударами или вибрациями из-за опасности самооткрепления. Изготавливать эксцентрик рекомендуется из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8... 1,2 мм и закалкой до температуры HRC 55...60 [1].

**Рычажные зажимы** (рисунок 2.10) используют в виде двухплечевого рычага в сочетании с различными силовыми источниками [1].

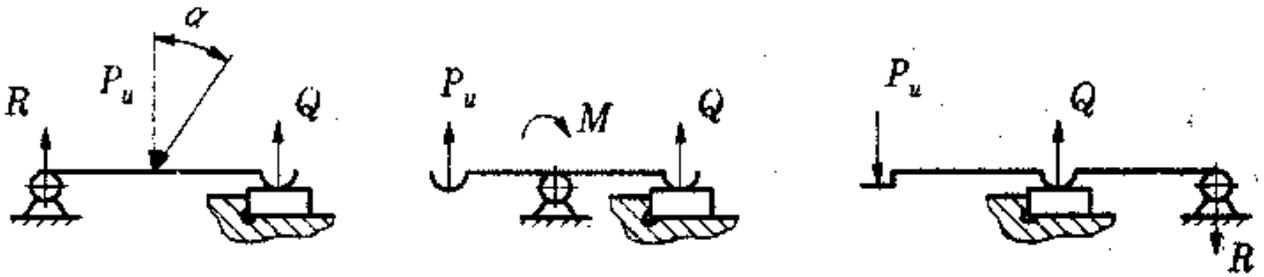


Рисунок 2.10 – Схема использования рычажных зажимов

При помощи рычага можно заменять величину и направление силы зажима, а также осуществлять одновременное закрепление заготовок в двух местах [1].

**Шарнирно-рычажный механизм** отличается от рычажного тем, что имеет на концах два шарнира; через один из них от привода передаётся сила, через второй – изменённая сила зажима на заготовку или другой простой механизм зажима. В приспособлениях используют три разновидности шарнирно-рычажных механизмов: однорычажные, двухрычажные одностороннего действия, двухрычажные двухстороннего действия [1].

**Двухрычажные механизмы одностороннего действия** (рисунок 2.11) отличаются от однорычажных механизмов тем, что исходная сила поровну делится между двумя рычагами [1].

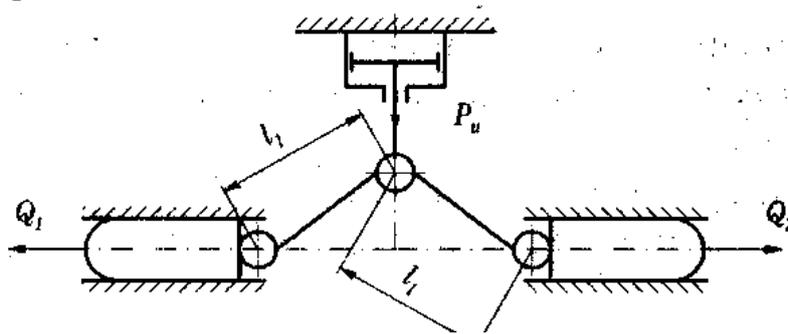


Рисунок 2.11 – Схема двухрычажных зажимных механизмов

А это, в свою очередь, говорит о том, что такие механизмы дают вдвое силу зажима по сравнению с однорычажными. Но, в то же время, двухрычажные механизмы обладают вдвое большим запасом хода [1].

В **пружинно-зажимных механизмах** элементом, преобразующим исходную силу привода в силу зажима, является пружина (как правило, цилиндрическая пружина сжатия). Достоинством пружинно-зажимных механизмов является простота конструкции и возможность относительно просто автоматизировать процесс закрепления и открепления заготовок [1].

**Множественные зажимы** приводятся в действие от одного силового источника и зажимают одну или несколько деталей в нескольких точках одновременно. Применение множественных зажимов позволяет сократить вспомогательное время на операции. Основным требованием, предъявляемым к множественным зажимам, является равенство зажимных сил. Для того чтобы обеспечить равенство сил зажима, ведомые звенья механизмов должны составлять блоки-

рованную «плавающую» систему механизмов, развивающую силу зажима независимо от колебания размера заготовок. Известно большое количество конструкций многократных зажимов приспособлений, которые можно распределить на группы, приняв за классификационный признак направление сил зажима. Можно выделить следующие группы [1]:

- *последовательного действия*, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (закрепление пакета заготовок);
- *параллельного действия*, зажимающие детали в нескольких параллельных направлениях;
- *со встречными силами зажима*, с пересекающимся направлением сил;
- *комбинированные механизмы*, представляющие собой соединение механизмов первых групп.

### 2.3 Самоцентрирующиеся устройства

*Самоцентрирующимся* называется устройство, опорные поверхности которого (кулачки) подвижны и связаны между собой так, что могут одновременно и с равным перемещением сближаться к оси устройства или удаляться от неё. Опорные поверхности самоцентрирующихся устройств могут быть выполнены либо на кулачках, либо в виде сплошной цилиндрической поверхности тонкостенной втулки, упругодеформируемой при действии сил зажима (рисунок 2.1) [1].

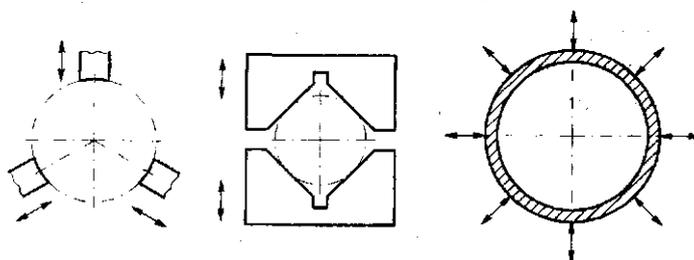


Рисунок 2.1 – Конструкция самоцентрирующихся устройств

Наибольшую точность центрирования дают механизмы, установочные элементы которых объединены в одну деталь и перемещаются в пределах её упругой деформации. Такой механизм можно изготовить с высокой точностью и, в то же время, можно обеспечить точность упругого перемещения отдельных его частей. Поэтому эту группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся: цанговые, мембранные и гидропластовые механизмы [1].

*Цангами* называют разрезные пружинные втулки, которые могут центрировать заготовку по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы используют для центрирования и зажима пруткового материала разного профиля и отдельных заготовок (рисунок 2.2) [1].

Цанговые механизмы могут быть: с тянущей цангой, которые применяют для закрепления штучных заготовок; с толкающей цангой, чаще всего используют для закрепления пруткового материала. Цанги изготавливают из стали марки У8А и 65Г, крупные цанги – из стали марки 15ХА или 12ХН3А. Рабочую

часть закаливают до твёрдости HRC 55...62. Хвостовую часть подвергают отпуску до твёрдости HRC 30...40, погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов [1].

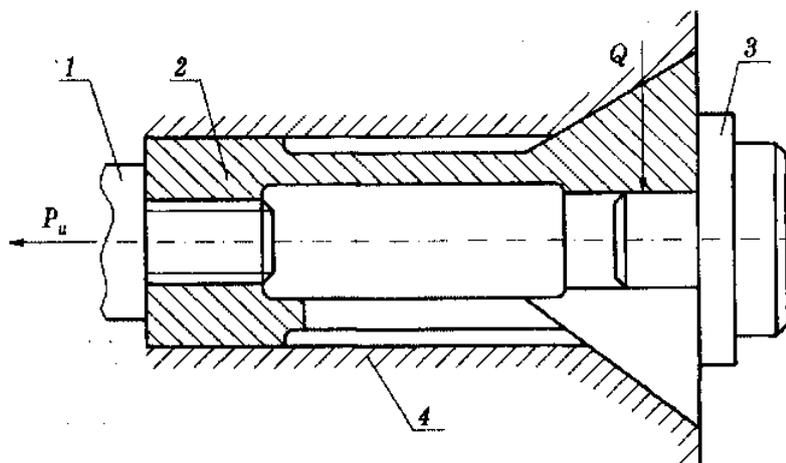


Рисунок 2.2. Цанговый механизм:  
1 – винт; 2 – цанга; 3 – деталь; 4 – корпус

**Мембранные** механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и тому подобные. Основной деталью такого механизма является мембрана. Применяют мембраны трёх видов: рожковые, чашечные, кольцевые (рисунок 2.3) [1].

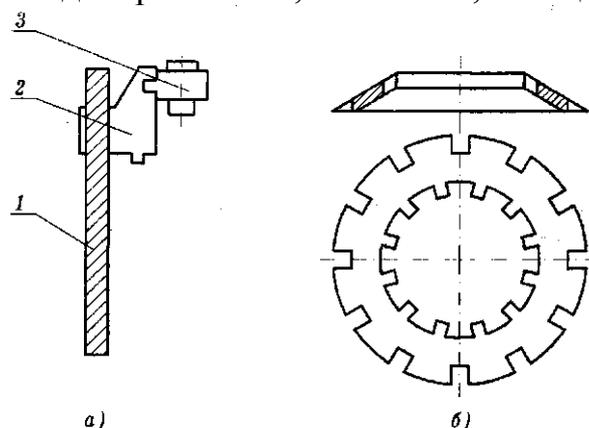


Рисунок 2.3 – Мембраны:  
а – рожковые; б – чашечные; 1 – мембрана; 2 – рожок; 3 – кулачок

Наиболее точными являются **рожковые** и **чашечные** мембраны. Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы.

Чашечные и рожковые мембраны изготавливают из стали марок: 65Г, У10А, 31ХГС и подвергают термообработке до твёрдости HRC 40...45. Патроны с рожковыми и чашечными мембранами могут обеспечить точность центрирования 0,003...0,005 мм [1].

Кольцевые мембраны применяются тогда, когда при значительных нагрузках они должны иметь малые габаритные размеры [1].

Широкое распространение получили упругие патроны с использованием **гидропластмассы**. Такие патроны применяют для центрирования заготовок,

как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Точность базовых поверхностей закреплённых деталей должна быть не ниже 7-9 квалитета. Погрешность центрирования 0,01 мм. Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А, 30ХГС, которые подвергают термообработке до твёрдости HRC 35...40 [1].

## 2.4 Элементы приспособлений для определения положения и направления инструментов

Элементы приспособления для определения положения и направления можно разделить на три группы:

1. Для быстрой установки инструмента на размер – *шаблоны, установы*.
2. Для определения положения и направления осевого инструмента – *кондукторные втулки и направляющие втулки*.
3. Для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки – *копиры* [1].

### 2.4.1 Шаблоны и установы

При наладке и подналадке установка инструмента на рабочий настроечный размер с помощью пробных ходов и промеров занимает много времени. Для ускорения наладки станков и повышения её точности в конструкцию приспособления вводят специальные элементы, определяющие положение инструмента, соответствующее рабочему наладочному размеру. Такими элементами являются *шаблоны* (рисунок 2.4) и *установы* (рисунок 2.5) [1].

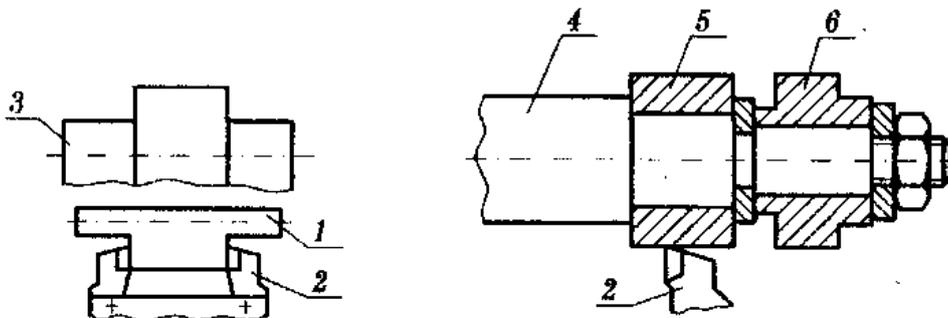


Рисунок 2.4 Шаблоны:

1, 5 – шаблон; 2 – инструмент; 3, 6 – деталь; 4 – оправка

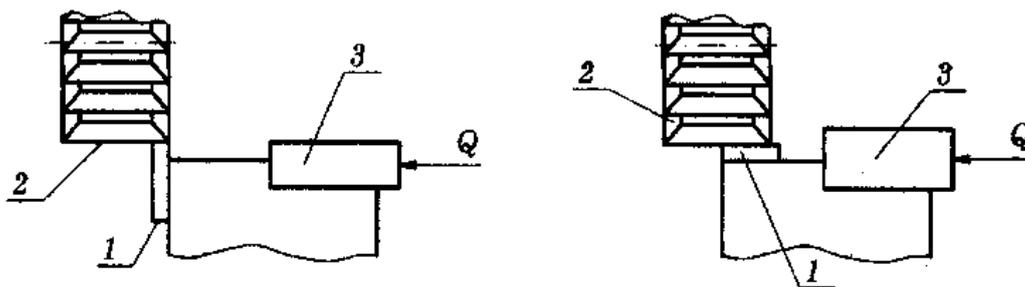


Рисунок 2.5 – Установы:

1 – установ; 2 – фреза; 3 – деталь

Применение шаблонов характерно для токарных работ, а установов – для фрезерных. Материал установов сталь марки У7А или 20Х с термообработкой до твёрдости HRC 55...60. Шаблоны изготавливаются из стали марки У7А, термообработка HRC 55...60 [1].

#### 2.4.2 Кондукторные и направляющие втулки

**Кондукторные втулки** применяют для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов (свёрл, зенкеров, развёрток) при обработке отверстий. Они определяют положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособлений и повышают его рациональную жёсткость [1].

Кондукторные втулки бывают *неподвижные* и *вращающиеся*. Вращающиеся втулки применяют для направления расточных скалок при большом диаметре обработки и высоких скоростях резания. Вращающиеся втулки вращаются вместе с инструментом, что значительно уменьшает износ её рабочего отверстия [1].

**Кондукторные плиты** служат для установки в их отверстиях кондукторных втулок. В зависимости от способа соединения с корпусом приспособления кондукторные плиты подразделяют на *постоянные, поворачиваемые, съёмные, подвесные* и *подъёмные* [1].

#### 2.4.3 Копировальные устройства

Для обработки фасонных поверхностей на универсальных станках применяют приспособления, снабжённые копировальными устройствами. Назначение копировальных элементов заключается в обеспечении траектории относительного движения инструмента, необходимой для получения требуемого контура детали. При этом пропадает необходимость в разметке, в ручной подаче инструмента при обходе криволинейного контура. В результате повышается точность обработки контура и производительность на операции. **Копиры** и **ролики** изготавливают из стали марки 20, их цементируют и закаливают до твёрдости HRC 58...62 [1].

Копиры применяют при обработке на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках [1].

Наиболее общим случаем обработки по копиру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи (рисунок 2.6) [1].

Скреплённые заготовка и копир вращаются вокруг общей оси. Расстояние между обрабатываемой поверхностью и осью фрезы в соответствии с профилем копира изменяется, и получается нужный профиль детали. На рисунке 2.6 показаны три схемы обработки замкнутого контура. При обработке по схеме, представленной на рисунке 2.6, *а*, диаметры ролика 3 и фрезы равны, поэтому профиль копира 2 идентичен профилю обработанной детали 1. На схеме, приведённой на рисунке 2.6, *б*, диаметр ролика не равен диаметру фрезы. В этом случае профиль копира представляет собой эквидистанту профиля детали. На схе-

ме, приведённой на рисунке 2.6, в, профиль копира отличается от профиля детали ввиду того, что оси ролика и фрезы не лежат на одной прямой [1].

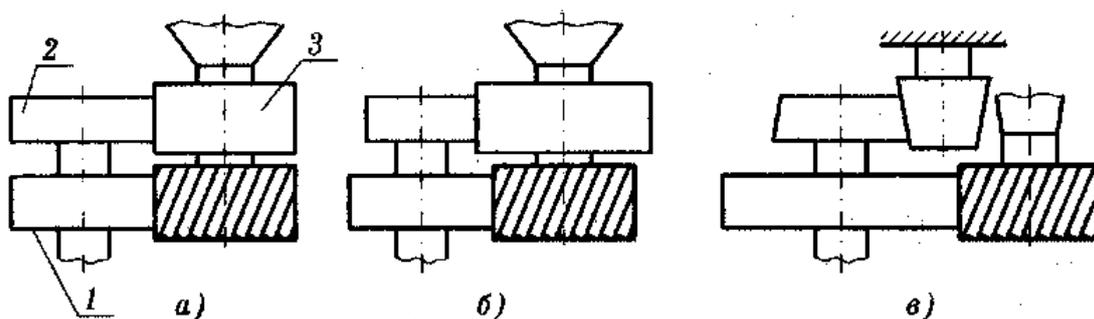


Рисунок 2.6 – Применение копиров:  
1 – деталь; 2 – копир; 3 – ролик

#### 2.4.4 Делительные устройства, основные детали и узлы

*Делительными* называют устройства, применяемые в приспособлениях для того, чтобы, не освобождая детали, повернуть её на заданный угол или передвинуть на заданное расстояние. Каждое из положений детали при одном её закреплении называется позицией. Главными элементами устройства являются делительная плита и фиксатор угловых положений плиты. Компоновка этих приспособлений бывает различной, в связи, с чем устройства можно разделить на две группы (рисунок 2.7) [1]:

1. Устройства, представляющие собой узел, мало зависящий от конструкции всего приспособления (рисунок 2.7, а).

2. Устройства, конструктивно тесно связанные с приспособлением (рисунок 2.7, б).

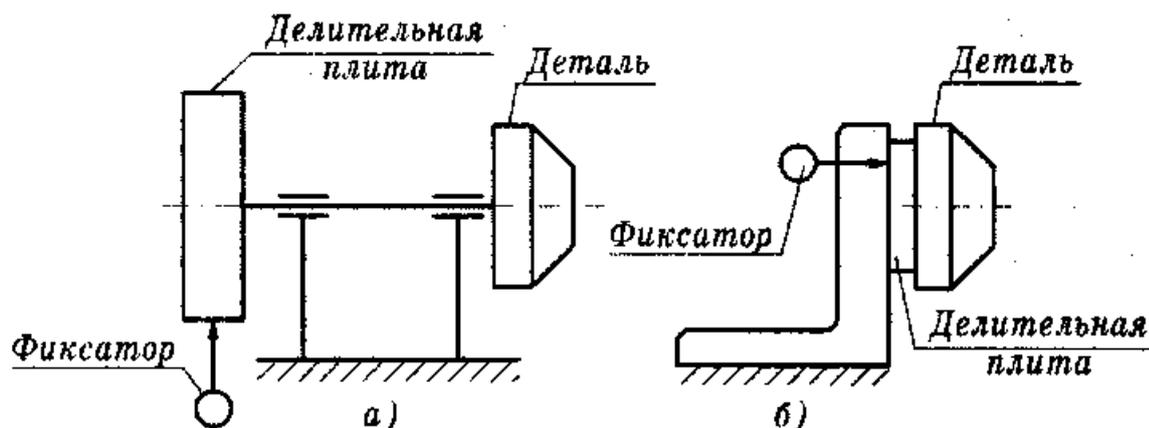


Рисунок 2.7 – Делительные устройства

Точность работы устройства зависит от точности расположения в плите мест (гнезд) под фиксатор и от зазоров по фиксатору (люфт плиты). Во избежание быстрого износа сопряжённых поверхностей элементов устройства они должны иметь высокую твёрдость (HRC 55...60). По этим причинам особенно-

сти компоновки устройства в значительной мере предопределяет целесообразный способ фиксации делительной плиты [1].

Способ фиксации характеризуется формой рабочей части фиксатора и формой гнезда. По форме рабочей части фиксаторы разделяют на цилиндрические, конусные, ромбические и шаровые (рисунок 2.8) [1].

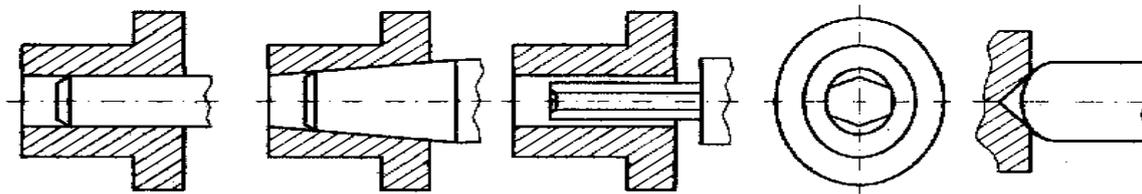


Рисунок 2.8 – Форма фиксаторов делительных устройств

В случае фиксирования положения плиты цилиндрическим фиксатором снижается точность работы устройства, так как зазоры по фиксатору должны быть большими и увеличивается угловой люфт, что нежелательно. По этим же причинам конусный фиксатор допустимо применять лишь тогда, когда делительная плита вместе с обрабатываемой деталью настолько не тяжёлые, что плита легко сдвигается от нажатия руки на фиксатор [1].

Наилучшим является ромбический фиксатор. Его действие по отношению к гнезду делительной плиты такое же, как действие ромбического установочного пальца по отношению ко второй базе – отверстию устанавливаемой детали. Шаровые фиксаторы применяют лишь в особых случаях [1].

Делительные узлы предназначены для того, чтобы при одном установе заготовки иметь возможность придать ей несколько позиций с целью обработки ряда поверхностей, расположенных на заданном шаге относительно друг друга. При многопозиционной обработке заготовки чаще приходится иметь дело с поворотом её на угловой шаг, чем с перемещением на линейный шаг, поэтому наибольшее распространение получили поворотные делительные устройства [1].

Делительный диск является основной деталью делительного устройства. Обычно он монтируется на поворотной части и вместе с ней поворачивается в момент деления, диск имеет гнёзда, в которые входит фиксатор. Гнёзда располагаются по окружности на таком угловом шаге друг от друга, который требуется выдержать у обрабатываемой заготовки. В универсальных делительных агрегатах гнёзда размещают таким образом, чтобы одним диском обеспечить деление окружности на несколько основных частей [1].

По форме гнёзд делительные диски разделяют на две группы с отверстиями и с пазами. При равной точности угловых шагов диски с пазами обеспечивают более высокую точность деления, чем диски с отверстиями. Необходимо, однако, иметь в виду, что диски с пазами сложнее в изготовлении окончательную отделку их выполняет рабочий высокой квалификации [1].

## 2.5 Корпуса приспособлений

**Корпус** – это элемент, объединяющий в единую конструкцию отдельные

части приспособления. Корпус воспринимает все силы, действующие на заготовку в процессе её закрепления и обработки, поэтому он должен обладать достаточной прочностью, жёсткостью и виброустойчивостью [1].

Корпус должен быть прост в изготовлении, должен обеспечивать безопасность работы (недопустимы острые углы и малые просветы между рукоятками и корпусом, которые могут вызвать защемление рук рабочего) [1].

Корпуса передвижных или кантуемых приспособлений должны быть устойчивыми при разных положениях на столе станка. На всех позициях обработки центр тяжести приспособления не должен выходить за пределы опорных элементов корпуса [1].

Необходимо предусмотреть, чтобы в конструкции корпуса были предусмотрены средства удобной очистки от стружки и отвода смазочно-охлаждающей жидкости. Для этого необходимо избегать углублений и труднодоступных мест, а также нужно предусмотреть в отдельных случаях специальные наклонные плоскости. Угол наклона этих поверхностей рекомендуется принимать равным  $40^\circ$  – для мелкой стружки (литые поверхности корпуса) и  $35^\circ$  (обработанные поверхности). При крупной сухой стружке этот угол уменьшается на  $5^\circ$ . При обработке со смазочно-охлаждающей жидкостью минимальные углы наклона поверхностей в корпусе приспособлений следует брать большими: для мелкой стружки  $50^\circ$ , для крупной –  $45^\circ$ . При наличии вибрации углы можно уменьшить на  $5-10^\circ$ , а при обильном охлаждении – на  $15-20^\circ$  [1].

Корпуса тяжёлых приспособлений для удобства захвата при установке и снятии со станка снабжают рым-болтами [1].

## 2.6 Вспомогательные элементы

Их применяют с целью дополнительной поддержки установленной и закреплённой детали в том месте, где она может прогнуться от сил резания. Кроме того, оказавшись на весу часть даже не очень массивной детали бывает нужно поддержать дополнительной опорой для того, чтобы разгрузить зажим, или даже дополнительно закрепить во избежание вибраций при обработке. Подводимая опора не должна участвовать в установке детали. Её подводят только после окончания установки и отводят после снятия детали, перед установкой следующей [1].

**Выталкиватели (выбрасыватели, съёмники)** предусматривают с целью ускорить снятие детали после обработки. Иногда для упрощения снятия детали приходится предусматривать вспомогательный элемент специально для этой цели. Они бывают ручного и автоматического типа. Они повышают производительность и создают удобства в работе [1].

**Подъёмные устройства** выполняют специальные технологические приёмы, например, для предварительного доступа режущего инструмента в зону обработки [1].

### 3 ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Под *установкой заготовки* понимается процесс её базирования, т.е. придание заготовке определённого положения в пространстве, относительно выбранной системы координат и закрепления – приложение пар сил и сил, обеспечивающих в процессе обработки постоянство положения заготовки, достигнутого при базировании [1].

*Погрешностью установки*  $\varepsilon$ , как одной из составляющих общей погрешности выполняемого размера, называется отклонение фактически достигнутого положения заготовки от требуемого, возникающего в результате наличия погрешностей базирования  $\varepsilon_B$ , закрепления заготовки  $\varepsilon_3$ , и изготовления приспособления и установки его на станке  $\varepsilon_{ПР}$ . Величина погрешности установки возникает при установке заготовки в приспособлении, то есть до включения станка [1, 2].

#### 3.1 Погрешность базирования

*Погрешностью базирования* называется отклонение фактического положения заготовки, достигнутое при базировании, от требуемого, возникающего при несовмещении измерительной и технологических баз в заготовке [1, 2].

Практически, положение измерительных баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обработанной поверхности. Погрешность базирования представляет собой расстояние между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера. Величина ее относится к выполняемому размеру при данной схеме установки и поэтому должна иметь индекс соответствующего размера [1, 2].

На рисунке 3.1, а показана схема установки, для которой погрешность базирования по отношению к размеру  $A$  равна нулю (технологическая и измерительная базы совмещены в одной плоскости), а по отношению к размеру  $B$  равна допуску на размер  $C$  заготовки:  $\varepsilon_B = \gamma$  (технологическая база 1 не совмещена с измерительной базой 2) [1, 2].

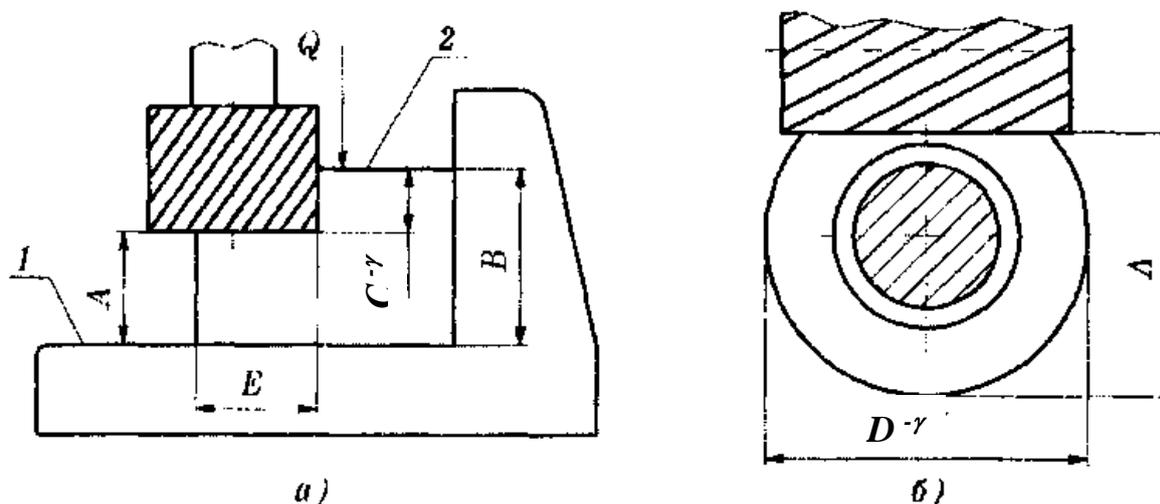


Рисунок 3.1 – Образование погрешности базирования

При базировании в охватывающие или на охватываемые поверхности к погрешности базирования, определяемой предыдущим способом, добавляется величина проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера (рисунок 3.1, б). Смещение обусловлено зазором между технологической базой и установочным элементом [1, 2].

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров (кроме диаметральных размеров 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 измерительные базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы. Погрешность базирования не возникает при выполнении размеров: диаметральных, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одной инструментальной наладкой, осевым инструментом [1].

### 3.2 Погрешность закрепления

Погрешность закрепления заготовки представляет собой разность наибольшей и наименьшей проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера при приложении к заготовке силы закрепления. Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна; при этом поле допуска выполняемого размера не изменяется, его положение корректирует настройка станка. Согласно определению [1]

$$\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min}) \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между направлением выполняемого размера и направлением смещения измерительной базы [1, 2].

Выражение в скобках представляет собой расстояние между предельными положениями измерительной базы. Умножая его на  $\cos \alpha$ , получаем погрешность закрепления для выполняемого размера. Погрешность закрепления  $\varepsilon_z$  для размеров  $A$  и  $B$  (рисунок 3.1, а) не равна нулю, а для размера  $E$   $\varepsilon_z = 0$ , так как боковая (измерительная) база перемещается при зажиме заготовки в собственной плоскости [1, 2].

Сила закрепления должна надёжно прижимать заготовку к опорам приспособления. При неправильной схеме закрепления, когда это условие не обеспечивается, часто происходит поворот или смещение заготовки на значительную величину от исходного положения. Такое смещение вызывается неправильной схемой установки. Так, при закреплении в тисках (рисунок 3.1, б) заготовка может повернуться вокруг центра с нарушением контакта её нижней базы с опорой тисков [1, 2].

Смещение измерительной базы заготовки происходит в результате деформации звеньев цепи, через которые передаётся сила закрепления (заготовка – установочные элементы – корпус приспособления). Из всего баланса переме-

щений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в станке (заготовка – установочные элементы). Контактные деформации в постоянных сопряжениях приспособления, деформации сжатия заготовки и деталей приспособлений малы [1, 2].

В зависимости от контактных деформаций для стыков заготовка – опора – приспособление смещение выражается нелинейным законом

$$y = C \cdot Q^n,$$

где  $Q$  – сила, приходящаяся на опору;  $n$  – эмпирический коэффициент ( $n < 1$ );  $C$  – коэффициент, характеризующий вид контакта, материал, шероховатость поверхности и верхний слой заготовки [1, 2].

Для типовых случаев  $C$  и  $n$  находят экспериментально. Аналитическое решение контактной задачи затруднительно, так как на поверхностях заготовки имеются микро- и макронеровности, при соприкосновении которых с установочными элементами возникают неправильные и случайно расположенные места контакта. Наличие на этих поверхностях литевой корки или обезуглероженного слоя, механические свойства которых отличны от глубинных слоев металла, создаёт особые условия возникновения контактных деформаций [1, 2].

При обработке партии заготовок сила  $Q$  колеблется от  $Q_{\max}$  до  $Q_{\min}$ , коэффициент  $C$  – от  $C_{\max}$  до  $C_{\min}$ . Без учёта жёсткости самого приспособления можно привести график перемещения заготовки в зависимости от колебаний  $C$  и  $Q$  (рисунок 3.2) [1].

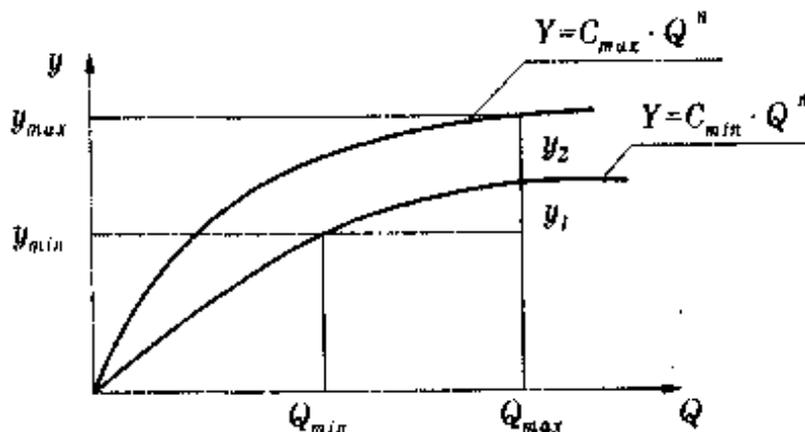


Рисунок 3.2 – График определения погрешности закрепления

Величина деформации вычисляется по формуле [1]

$$Y = Y_{\max} - Y_{\min} = Y_1 + Y_2 = (C_{\min} \cdot Q_{\max}^n - C_{\min} \cdot Q_{\min}^n) + (C_{\max} \cdot Q_{\max}^n - C_{\max} \cdot Q_{\min}^n),$$

что характеризует поле рассеяния перемещений заготовки в результате её деформации при контакте с опорами приспособления. При распределении величин  $Q$  и  $C$  по нормальному закону распределения величина  $Y$  распределяется по этому же закону. Поскольку  $Y_1$  и  $Y_2$  представляют собой поля рассеяния случайных величин, то есть, принимая распределение в обоих случаях по нормальному закону, получим их сумму [1]

$$Y = Y_{\max} - Y_{\min} = \sqrt{Y_1^2 + Y_2^2} = \\ = \sqrt{(C_{\min} \cdot Q_{\max} - C_{\min} \cdot Q_{\min})^2 + (C_{\max} \cdot Q_{\max} - C_{\max} \cdot Q_{\min})^2}.$$

Из приведённых зависимостей следует, что  $\varepsilon_3 = 0$  при постоянной силе закрепления заготовок ( $Q = \text{const}$ ) и одинаковом качестве их базовых поверхностей ( $C = \text{const}$ ), а также при смещении заготовок перпендикулярно выдерживаемому размеру ( $\alpha = 90^\circ$ ) [1].

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, не влияет на точностные показатели диаметров и размеров, связывающих обрабатываемые при данном установе поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей [1].

### 3.3 Погрешность положения заготовки

Погрешность положения заготовки  $\varepsilon_{ПР}$ , вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов  $\varepsilon_{УС}$ , износом последних  $\varepsilon_{И}$  и ошибками установки приспособления на станке  $\varepsilon_C$  [1, 2].

Составляющая  $\varepsilon_{УС}$  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-дублёров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав. Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают  $\varepsilon_{УС}$  в пределах 0-15 мкм, а для прецизионных – 0-10 мкм [1, 2].

Составляющая  $\varepsilon_{И}$  характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий (времени работы приспособления), их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния её базовой поверхности, а также условий установки заготовки в приспособление и её снятия [1, 2].

Составляющая  $\varepsilon_C$  выражает погрешность установки, обусловленная смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве  $\varepsilon_C$  доводится выверкой до определённого минимума в течение постоянного времени эксплуатации приспособления. В серийном производстве периодически сменяют приспособления на станках. Величина  $\varepsilon_C$  составляет 10-20 мкм. Таким образом, приняв каждую из составляющих погрешностей за случайную величину,  $\varepsilon_{ПР}$  вычисляется по формуле [1, 2]

$$\varepsilon_{ПР} = t \cdot \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_{УС}^2 + \lambda_2 \varepsilon_{И}^2} + \varepsilon_C,$$

где  $t$  – коэффициент, определяющий долю возможного брака %, рекомендуется  $t = 3$  %;  $\lambda$  – коэффициенты, зависящие от кривой распределения; для кривой Гаусса  $\lambda = 1/9$ , для кривой равной вероятности  $\lambda = 1/3$ .

Величина  $\varepsilon_C$  рассматривается как постоянная, учитываемая и компенсируемая настройкой станка [1, 2].

Для указанных значений величин  $\lambda$  [1, 2]

$$\varepsilon_{IP} = \sqrt{3\varepsilon_{YC}^2 + \varepsilon_H^2} + \varepsilon_C.$$

При использовании приспособления в массовом производстве  $\varepsilon_{IP} = \varepsilon_{YC}$  [1, 2].

Если используется многоместное приспособление [1, 2]

$$\varepsilon_{IP} = \sqrt{\varepsilon_{YC}^2 + 3\varepsilon_H^2}.$$

При использовании приспособлений спутников на автоматической линии [1, 2]

$$\varepsilon_{IP} = \sqrt{\varepsilon_{YC}^2 + 3\varepsilon_H^2 + \varepsilon_C^2}.$$

Погрешность установки как суммарное поле случайных величин [1, 2]

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{IP}^2}.$$

## 4 ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА ПАЛЬЦЫ

При установке детали по плоскости и двум отверстиям необходимо выполнять расчёты, связанные с установкой на пальцы. Введём обозначения [1]:

$A_O$ ,  $B_O$  – расстояния между центрами базовых отверстий и установочных пальцев (номинальный размер);

$\delta_O$  – допуск на межцентровое расстояние базовых отверстий;

$\pm\delta_O/2$  – отклонение межцентрального расстояния базовых отверстий;

$\delta_H$  – допуск межцентрового расстояния установочных пальцев;

$\pm\delta_H/2$  – отклонение межцентрального расстояния установочных пальцев;

$S_{1\min}$  – минимальный зазор в сопряжении первого отверстия с пальцем;

$S_{2\min}$  – минимальный зазор в сопряжении второго отверстия с пальцем.

### 4.1 Условия возможности установки деталей на два цилиндрических пальца

Для вывода условия предлагаем худший случай из всех возможных (рисунок 4.1, б), а именно: межцентровое расстояние отверстий у детали выполнено по наибольшему предельному размеру ( $A_O + \delta_O/2$ ) – межцентровое расстояние пальцев по наименьшему ( $B_O - \delta_H/2$ ), зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными  $S_{1\min}$ ,  $S_{2\min}$  [1].

На рисунке 4.1, а показано положение заготовки 1, 2 и пальцев 3, 4 при номинальном межцентровом расстоянии между ними (размер  $A_O$ ) [1].

На рисунке 4.1, б оси отверстий 1 и 2 имеют наибольшее межцентровое расстояние ( $A_O + \delta_O/2$ ), а окружностями 3 и 4 показано положение пальцев при наименьшем межцентровом расстоянии ( $B_O - \delta_H/2$ ) [1].

Из графического построения (рисунок 4.1) находим

$$2(\delta_O/4 + \delta_H/4) = S_{1\min}/2 + S_{2\min}/2,$$

отсюда определяется условие возможности установки на два цилиндрических пальца

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_O + \delta_{II}.$$

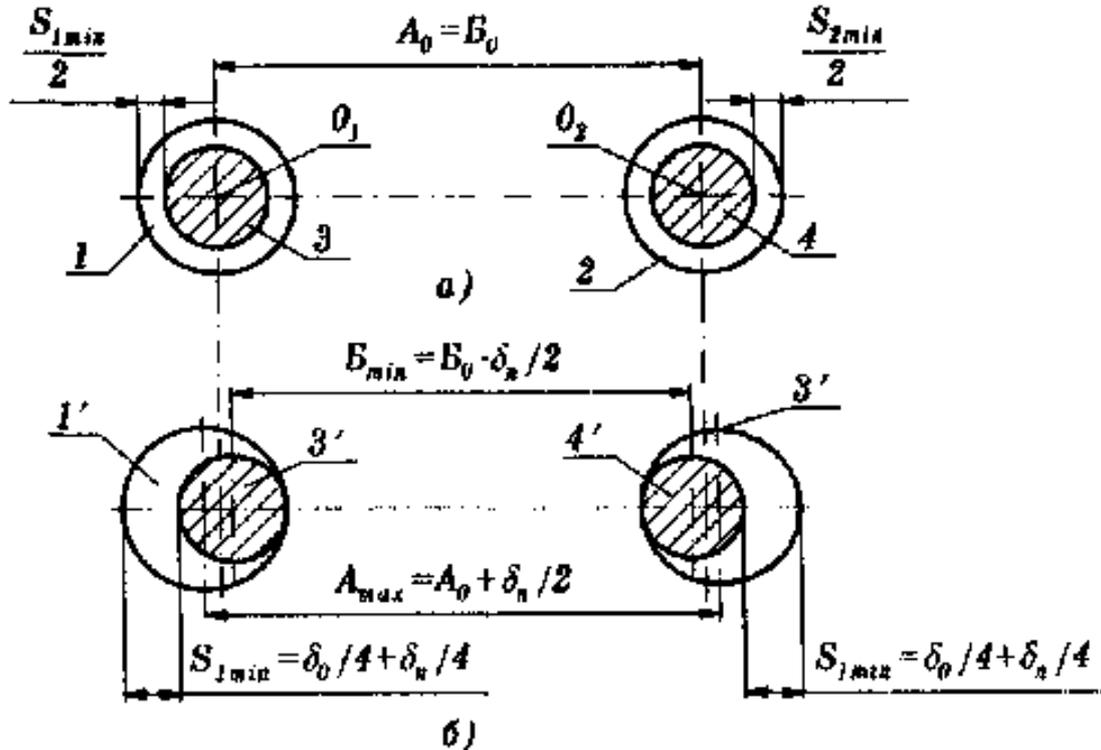


Рисунок 4.1 – Установка заготовки на два цилиндрических пальца

Если необходимо выбрать минимальный зазор между пальцем и вторым отверстием так же, как и для первого отверстия по (f6 – e9) то, как видно из формулы, допуски на межцентровые расстояния должны быть очень малы. Это делает обработку базовых отверстий дороже. Поэтому, чтобы выдержать условие установки заготовки на два цилиндрических пальца диаметр второго пальца приходится значительно уменьшить. Определим диаметр второго пальца исходя из условия, что расстояние  $S_{2\min}$  равно разности между минимальным диаметром отверстия  $d_{O2}$  и максимальным диаметром пальца  $d_{II2}$ , т.е.

$$S_{2\min} = d_{O2} - d_{II2}.$$

Подставив это выражение в предыдущую формулу, получим

$$S_{1\min} + d_{O2} - d_{II2} = \delta_O + \delta_{II},$$

отсюда

$$d_{II2} = (S_{1\min} + d_{O2} - \delta_O - \delta_{II})_{-\delta_{II2}},$$

где  $\delta_{II2}$  – допуск на диаметр второго пальца, который выбирают так же, как для первого [1].

**Пример.** В приспособлении необходимо установить заготовки, имеющие базовые отверстия  $\varnothing 45^{+0,025}$  мм и допуски на межцентровое расстояние  $\delta_O = \pm 0,08$  мм и  $\delta_{II} = \pm 0,03$  мм. В первое отверстие устанавливают палец по посадке f6, имеющий размер  $\varnothing 45^{-0,025}_{-0,041}$  мм. Тогда  $S_{1\min} = 0,025$  мм [1].

Диаметр второго пальца

$$d_{II2} = (0,025 + 45 - 0,16 - 0,06)_{-\delta_{II2}} = 44,805_{-0,016}.$$

## 4.2 Условие возможности установки деталей на один цилиндрический и один срезанный пальцы

Чтобы уменьшить расчётные минимальные зазоры и тем самым повысить точность базирования, не нарушая условия возможности установки на два пальца, один из них срезают, как показано на рисунке 4.2, чем увеличивают зазор в направлении размера  $A_0$  [1].

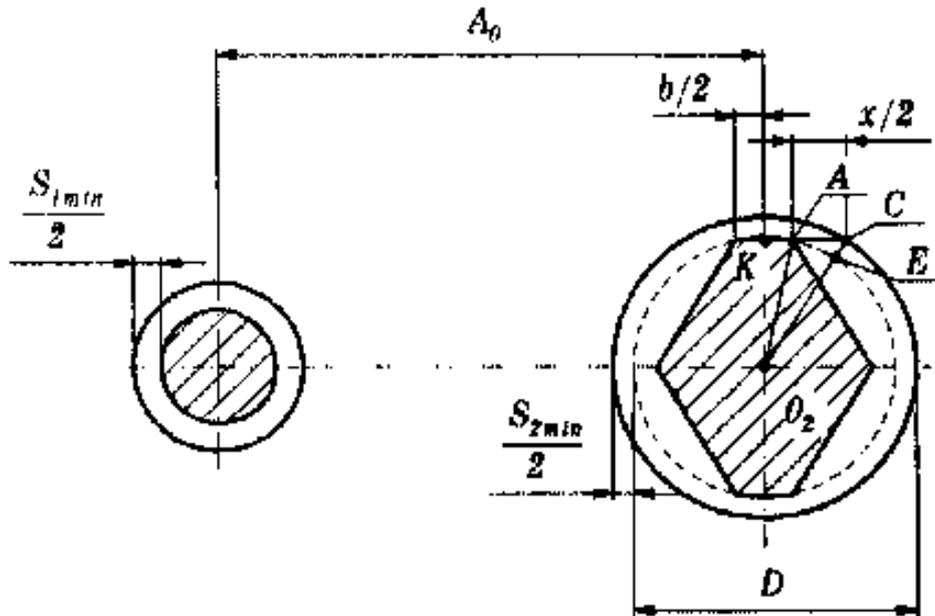


Рисунок 4.2 – Установка на цилиндрический и срезанный палец

Из треугольника  $KO_2C$  имеем

$$(O_2E + EC)^2 = (O_2K)^2 + (KA + AC)^2;$$

Из треугольника  $AO_2K$

$$(O_2K)^2 = (AO_2)^2 - (AK)^2,$$

таким образом, получаем

$$(O_2E)^2 + 2O_2E \cdot EC + (EC)^2 = (AO_2)^2 \cdot (AK)^2 + (AK)^2 + 2KA \cdot AC + (AC)^2.$$

Подставляя значения величин отрезков с учётом, что  $O_2E = AO_2$  и пренебрегая квадратами малых величин, получим

$$x = \frac{D}{b} S_{2\min}.$$

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 её расчётом [1].

Подставляя в уравнение  $S_{1\min} + S_{2\min} = \delta_o + \delta_{II}$  значение  $x$  вместо  $S_{2\min}$  получим условие возможности установки на цилиндрический и срезанный пальцы

$$S_{1\min} + \frac{D}{b} S_{2\min} \geq \delta_o + \delta_{II}$$

Из этого условия можно определить ширину ленточки срезанного пальца [1].

$$b \leq \frac{S_{2\min}}{\delta_o + \delta_{II} - S_{1\min}} D.$$

Если  $\delta_o + \delta_{II} < S_{1\min}$ , т.е.  $b < 0$ , то базировать заготовку можно на два цилиндрических пальца. Ширина ленточки стандартизована и зависит от величины диаметра срезанного пальца. Поэтому ширину ленточки, полученную расчётным путём, необходимо сравнить со стандартным значением. Она должна быть больше стандартной величины. Если она получилась меньше (даже при посадке  $e9$ , т.е. при наибольшем зазоре  $S_{2\max}$ ), то данный способ базирования либо нельзя применять, либо следует уменьшить межцентровые отклонения [1].

### 4.3 Определение величины поворота детали при установке на пальцы

Предполагаем худший случай, т.е. зазоры в сопряжениях пальцев с отверстиями оказались максимальными (рисунок 4.3) [1].

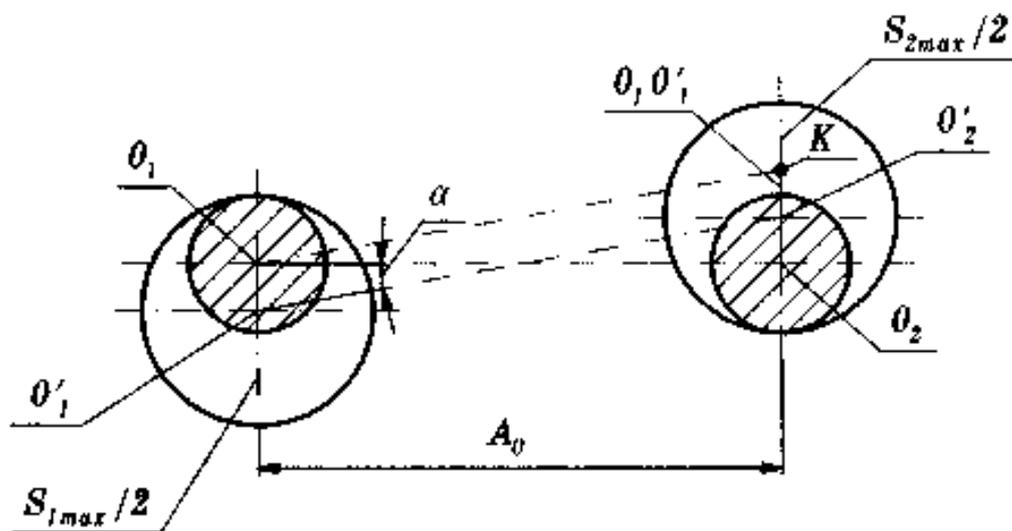


Рисунок 4.3 – Поворот детали при установке на пальцы

Из построения имеем

$$O_1O_1' = S_{1\max} / 2, \quad O_2O_2' = S_{2\max} / 2, \quad O_2K = (S_{1\max} + S_{2\max}) / 2.$$

Рассматривая прямоугольный треугольник  $O_2O_1K$  находим

$$\operatorname{tg} \alpha = (S_{1\max} + S_{2\max}) / 2A_0.$$

В заключение следует отметить, что установка детали на высокий цилиндрический палец отнимает у неё четыре степени свободы, на низкий цилиндрический – две, на высокий призматический – две, на низкий призматический – одну [1].

## 5 КОНДУКТОРА

### 5.1 Кондукторные и направляющие втулки

Кондукторные втулки бывают неподвижные и вращающиеся. Вращающиеся втулки применяют для направления расточных скалок при большом диаметре обработки и высоких скоростях резания. Вращающиеся втулки вращаются вместе с инструментом, значительно уменьшают износ её рабочего отверстия [1].

Неподвижные втулки по конструкции разделяют на четыре группы: постоянные, сменные, быстросменные и специальные. Первые три группы стандартизированы (рисунок 5.1) [1].

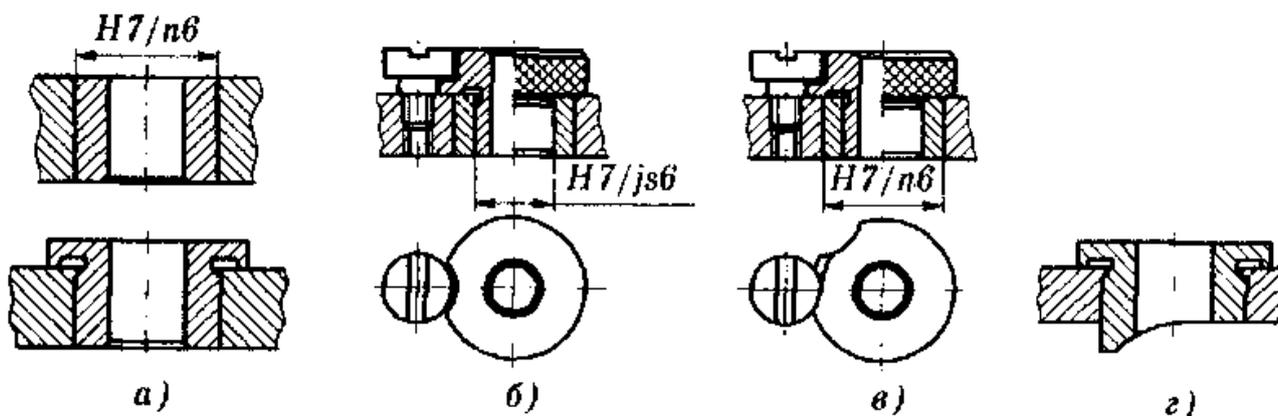


Рисунок 5.1 – Кондукторные втулки:

*a* – постоянные; *б* – сменные; *в* – быстросменные; *г* – специальные

В приспособлениях крупносерийного и массового производства для ускорения замены при износе применяют сменные и быстросменные втулки. Их устанавливают в промежуточных втулках по посадке  $H7/js6$ . От проворота и подъёма при обработке под действием сходящей стружки они удерживаются головкой винта. Специальные втулки применяют в особых случаях, когда применение стандартных втулок невозможно или не даёт эффекта. Допуски на диаметр отверстия в кондукторных втулках для прохода свёрл и зенкеров устанавливают по посадке  $F8$ , а для развёрток  $G7$  в системе вала. При точности отверстия по 6-7 квалитетам и выше допуски на диаметр отверстия для прохода свёрл назначают по посадке  $H7$ , а для чистового развёртывания  $G6$ . Кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25 мм изготавливают из стали У10А, У12А и закалывают до твёрдости HRC 62...65. Все втулки с диаметрами отверстий более 25 мм изготавливают из стали 20, цементируются на глубину 0,8...1,2 мм и закалывают до твёрдости HRC 62..65. Расстояние от нижнего торца втулки до верхней поверхности заготовки выбирают равным  $1/3... 1$  диаметра отверстия. Меньшее расстояние выбирают при обработке чугуна, большее – при обработке стали. При такой установке втулки стружка не попадает в направляющее отверстие и не изнашивает его [1].

Примерный срок службы кондукторных втулок 12000-16000 просверлённых отверстий. Средняя величина износа кондукторных втулок при сверлении

отверстий диаметром 10...20 мм на 10 м пути при обработке деталей из серого чугуна средней твёрдости равна 3...5 мкм, деталей из стали марки 40 – 4...6 мкм и алюминиевых сплавов – 1...2 мкм [1].

Направляющие втулки, препятствующие уходу (отжиму) инструмента, применяют в приспособлениях для обработки поверхностей вращения. Решив применить такую втулку, одновременно предусматривают гладкую (направляемую) часть у державки инструмента или у самого инструмента (рисунок 5.2) [1].

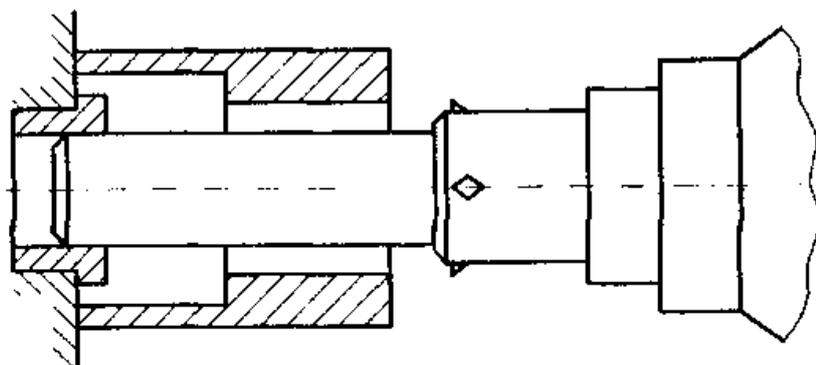


Рисунок 5.2 – Применение направляющих втулок

Точность положения оси просверлённого отверстия зависит от расстояния торца втулки до обрабатываемой поверхности  $e$ . Если перекоса сверла нет, то максимальное смещение  $S_x$  оси сверла от среднего положения равно половине наибольшего диаметрального зазора  $2S_1$  (рисунок 5.3, а). При перекосе сверла во втулке к величине добавляется смещение  $S_2$ , пропорциональное зазору  $e$ . Из геометрических соотношений при  $e > 0,3d$  [1]

$$S_2 = 2S_1 e / l.$$

где  $l$  – длина втулки.

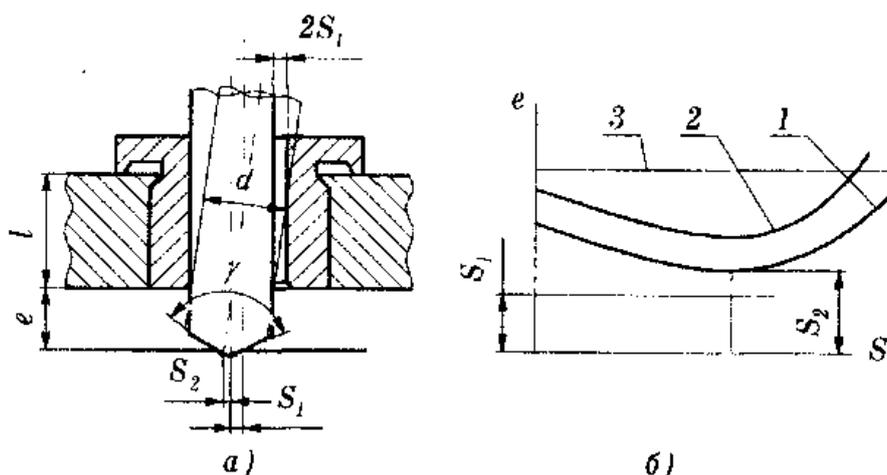


Рисунок 5.3 – Влияние зазора во втулке на положение отверстия

Суммарное смещение сверла  $S = S_1 + S_2$ . При  $e < 0,3d$  величина  $S_2$  возрастает вследствие уменьшения опорной длины втулки в начале врезания сверла. На рисунке 5.3, б показаны кривые изменения суммарного смещения центра сверла в зависимости от величины  $e$ . Наименьшее смещение соответствует  $e = 0,3d$  (при угле  $\gamma = 118^\circ$ ). Для правой части кривой [1]

$$S = S_1 + 2S_1e/l.$$

При  $e = 0$

$$S = S_1 + (2S_1 \cdot 0,3d)/(l - 0,3d).$$

Кривая 1 на рисунке 5.3, б соответствует новой втулке, а кривая 2 – изношенной. Линия 3 характеризует наибольшее допустимое смещение  $S$ . Лимитируя  $e$ , можно увеличить величину допустимого износа втулки [1].

Посадочные поверхности втулок шлифуют до  $Ra = 0,8...0,1$  мкм.

Отверстие под инструмент целесообразно подвергать более тщательной обработке, до  $Ra = 0,2...0,08$  мкм, для повышения срока службы втулки [1].

## 5.2 Расчет кондукторов

За период эксплуатации рабочие элементы кондукторов подвергаются износу.

Допустимый зазор направляющего отверстия с учётом нормированного допустимого износа поверхностей деталей кондуктора определяется по формуле [1].

$$\varepsilon_{И} = \delta_{Д} - \varepsilon_{\Sigma}.$$

В составе слагаемых, определяющих  $\varepsilon_{\Sigma}$  для различных типов кондукторов, учитывают составляющие погрешности, зависящие от их конструктивных особенностей. Для накладных, крышечных и ящичных кондукторов (рисунок 5.1) можно записать [1]

$$\varepsilon_{И} = \delta_{ЛД} - \sqrt{\varepsilon_{Б}^2 + \varepsilon_{3}^2 + \varepsilon_{П}^2 + \delta_{ЛП}^2 + e^2 + \left(\frac{S_{В}}{2}\right)^2 + X^2 + \varepsilon_{ИЗМ}^2},$$

где  $\delta_{ЛД}$  – допуск на расстояние между отверстиями детали;  $\varepsilon_{\delta}$  – половина максимального зазора между изношенным в пределах допуска установочным пальцем и наибольшим базовым отверстием детали;  $\varepsilon_{3}$  – погрешность закрепления;  $\varepsilon_{П}$  – погрешность изготовления втулки;  $e$  – эксцентриситет быстросменной кондукторной втулки;  $S_{В}$  – наибольший предельный зазор между втулкой и втулкой-гнездом;  $X$  – смещение оси отверстия из-за перекоса оси инструмента относительно оси направляющего отверстия втулки (рисунок 5.4, б).

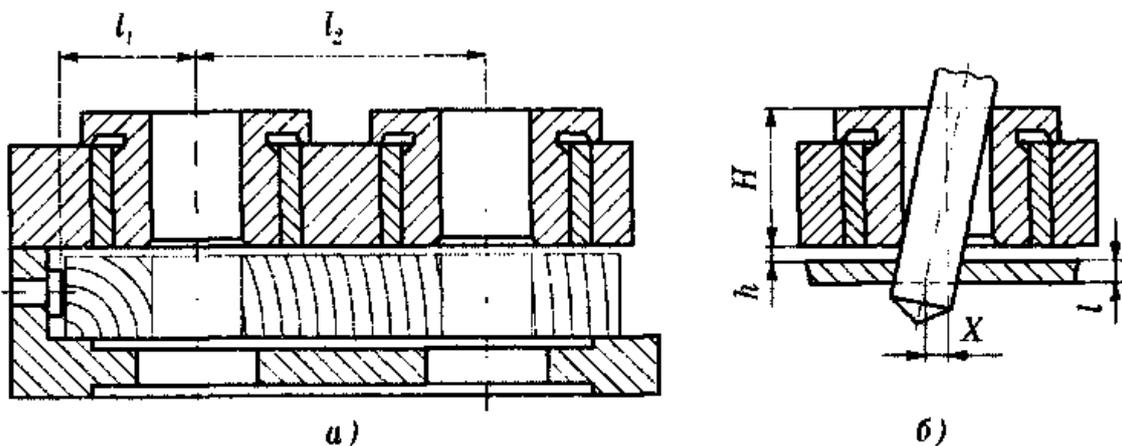


Рисунок 5.4 – Влияние зазора во втулке на положение отверстия

$$X = S_{II} \left( \frac{l+h}{H} + \frac{1}{2} \right),$$

где  $S_{II}$  – наибольший зазор между инструментом и втулкой;  $H$  – длина направляющей части втулки;  $h$  – высота инструмента;  $l$  – длина отверстия обработки;  $\varepsilon_{ИЗМ}$  – погрешность измерения детали;  $\delta_{LII}$  – допустимое отклонение на координатный размер кондуктора, равный расстоянию от оси отверстия гнезда до оси центрирующего пальца.

При использовании постоянных втулок выражение примет вид [1]

$$\varepsilon_{И1} = \delta_{L1Д} - \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_{II}^2 + \delta_{LII}^2 + X^2 + \varepsilon_{ИЗМ}^2},$$

Для размера  $l_2$  (межцентрового расстояния) величина  $\varepsilon_{И2}$  распределяется на две втулки, так как она обеспечивается двумя позициями инструмента [1]

$$\varepsilon_{И2} = \delta_{L2Д} - \sqrt{2\varepsilon_B^2 + \delta_{L2II}^2 + 2e^2 + \left(\frac{S_B}{2}\right)^2 + 2X^2 + \varepsilon_{ИЗМ}^2}.$$

Размер отверстия предельно изношенных втулок для размера  $l_1$  [1]

$$d_{ИЗМ} = d_{\max} - 2\varepsilon_{И1},$$

для размера межцентрового расстояния между втулками  $l_2$  [1]

$$d_{2ИЗМ} = d_{\max} - \varepsilon_{И2},$$

где  $d_{\max}$  – наибольший предельный размер отверстия новых втулок.

Для постоянных кондукторных втулок формула примет вид [1]

$$\varepsilon_{И2} = \delta_{L2Д} - \sqrt{2\varepsilon_{II}^2 + 2\delta_{L2II}^2 + 2X^2 + \varepsilon_{ИЗМ}^2}.$$

Погрешность закрепления не учитывают, если направление приложенных сил закрепления совпадает с осью инструмента. В противном случае необходимо дополнительно рассчитать погрешность закрепления [1].

## 6 ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА

### 6.1 Правила закрепления заготовок

При обработке заготовки на неё действуют силы резания. Их величина, направление и место приложения могут изменяться в процессе обработки одной поверхности. Несмотря на это, заготовка должна в процессе обработки сохранять неизменное положение относительно опорных элементов. Для этого её необходимо надёжно закреплять [1].

При закреплении заготовки в приспособлении должны соблюдаться следующие основные правила [1].

1. Не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое при её базировании.

2. Закрепление должно быть надёжным, чтобы во время обработки положение заготовки сохранялось неизменным.

3. Возникающее при закреплении смятие поверхностей заготовки, а также её деформации должны быть минимальными и находиться в допустимых пределах.

Несоблюдение любого из этих правил может привести к погрешностям обработки, а изменение положения заготовки в процессе резания и к поломке режущего инструмента. Выполнение указанных правил закрепления достигается благодаря рациональному выбору схемы закрепления и величины зажимного усилия  $Q$ . При этом необходимо руководствоваться следующими рекомендациями [1]:

- для уменьшения величины зажимного усилия при закреплении заготовки необходимо выбирать такой способ её базирования, при котором сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных на линии действия этой силы или вблизи неё;

- для обеспечения контакта заготовки с опорным элементом и устранения возможного её сдвига при закреплении зажимное усилие следует направить перпендикулярно к поверхности опорного элемента. В отдельных случаях зажимное усилие можно направлять так, чтобы заготовка одновременно прижималась к поверхностям двух опорных элементов;

- в целях устранения деформации заготовки при закреплении точку приложения зажимного усилия надо выбирать так, чтобы линия его действия пересекала опорную поверхность опорного элемента. Лишь при закреплении особо жёстких заготовок можно допускать, чтобы линия действия зажимного усилия проходила между опорными элементами;

- для уменьшения смятия поверхностей заготовки при закреплении необходимо уменьшать удельное давление в местах контакта зажимного устройства с заготовкой путём рассредоточения зажимного усилия. Это достигается применением в зажимных устройствах контактных элементов соответствующей конструкции, которые позволяют распределить зажимное усилие поровну между двумя или тремя точками, иногда даже рассредоточить по некоторой протяжённой поверхности;

- для уменьшения вибраций и деформаций заготовки под действием силы резания следует повышать жёсткость системы «заготовка – приспособление» путём увеличения числа мест зажатия заготовки и приближения их к обрабатываемым поверхностям.

## 6.2 Порядок расчета зажимных устройств

**Первая группа.** К первой группе относятся зажимные устройства, имеющие в своём составе силовой механизм (СМ) и привод (П), который обеспечивает перемещения контактного элемента (К) и создаёт исходное усилие  $P_H$ , преобразуемое силовым механизмом в зажимное усилие  $Q$ . Исходя из требуемого зажимного усилия  $Q$  и условий выполнения операций, выбирают тип силового механизма и тип привода. Основной характеристикой силового механизма является передаточное отношение, которое в этом случае называют коэффициентом усиления  $i = Q/P_H$  [1].

Выбирая силовой механизм, следует иметь в виду, что с увеличением  $i$  будут уменьшаться габаритные размеры привода, что естественно, при прочих равных условиях является большим преимуществом. По величине  $i$ , пользуясь кинематикой силового механизма или табличными данными, для  $i$  определяют исходное усилие  $P_H$  и по нему выбирают и рассчитывают привод [1].

**Вторая группа.** В нее входят зажимные устройства, состоящие лишь из силового механизма, который приводится в действие непосредственно рабочим, прилагающим исходное усилие  $P_H$  на плече зажимного рычага. Эти устройства иногда называют зажимными устройствами с ручным приводом. По зажимному усилию  $Q$  выбирают силовой механизм, имея в виду, что рабочий может приложить лишь вполне определённое усилие  $P_H$  (обычно 147 Н (15 кгс)) [1].

**Третья группа.** К этой группе относятся вакуумные и магнитные устройства. По зажимному усилию  $Q$  и площади заготовки, на которое распределяется удельное усилие  $q$ , определяют усилие  $P_H$ , по которому рассчитывают необходимый вакуум для вакуумных устройств и силовой магнитный поток для магнитных устройств [1].

В практике встречаются приспособления, в которых заготовка закрепляется одновременно с нескольких сторон или с одной стороны в нескольких местах. При этом возможны два варианта [1]:

- закрепление производится посредством одного зажимного устройства, многократного действия;
- для закрепления заготовки в каждом месте используется своё, автономно работающее зажимное устройство.

При использовании многократного зажимного устройства его расчёт производят исходя из усилия, равного  $n \times Q$ , где  $n$  – кратность зажимного устройства [1].

В последнем случае после определения зажимных усилий  $Q_1$  и  $Q_2$  осуществляется поочерёдный расчёт зажимных устройств, создающих эти усилия [1].

### **6.3 Составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета зажимного усилия**

Величину необходимого зажимного усилия определяют на основе решения задачи статики, рассматривая равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил. Для этого необходимо составить расчётную схему [1].

Порядок составления расчётной схемы [1]

- разработать теоретическую схему базирования;
- реализовать её с помощью установочных элементов приспособления;
- изобразить на схеме базирования заготовки все действующие на неё силы и моменты резания, зажимные усилия, реакции опор и силы трения в местах контакта заготовки с опорными элементами и зажимными устройствами;
- по расчётной схеме установить направления возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания;

- определить величину проекций всех сил на направление перемещения и составить уравнение сил и моментов;
- из уравнений статики определить максимальное значение силы закрепления и использовать её для дальнейших расчётов конструктивных параметров привода или элементарных зажимных механизмов.

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путём введения коэффициента надёжности закрепления  $K$  и умножения на него сил и моментов резания, входящих в составленные уравнения статики. На основании решения уравнений статики получают формулы для расчёта зажимного усилия  $Q$ , обеспечивающего надёжное закрепление заготовки [1].

**Пример.** Производится обтачивание наружной цилиндрической поверхности заготовки. В качестве главной базы, исходя из конструктивных особенностей заготовки, необходимо принять наружную цилиндрическую поверхность, на которой располагаются четыре опорные точки. Реализация такой схемы базирования возможна с использованием трёхкулачкового самоцентрирующегося патрона (рисунок 6.1) [1].

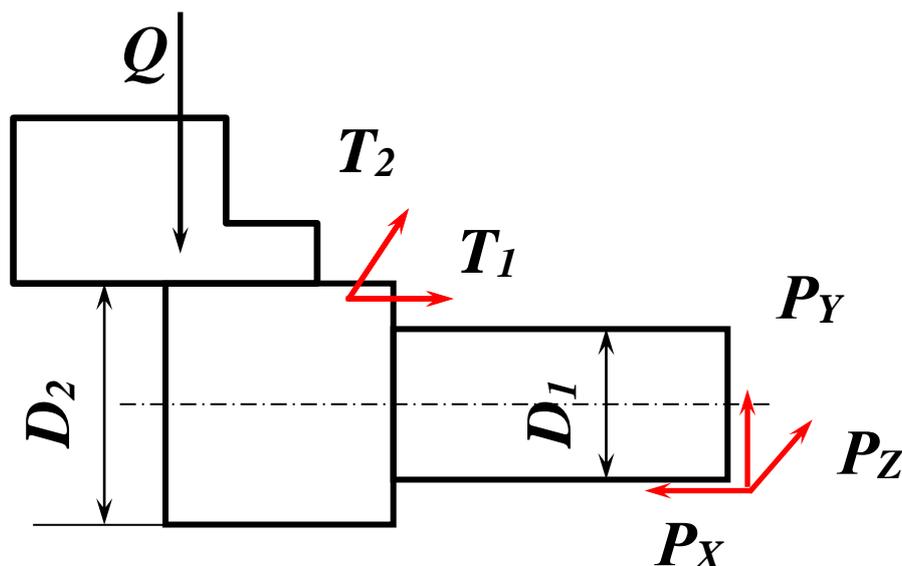


Рисунок 6.1 – Схема для определения силы зажима в трёхкулачковом патроне

На заготовку действуют силы и моменты резания, сила закрепления и силы трения в точке приложения силы закрепления. Под действием этих сил заготовка может перемещаться вдоль кулачков под действием силы резания  $P_x$  (усилие подачи) и проворачиваться в кулачках под действием момента резания  $M$ , возникающим под действием силы  $P_z$ . Необходимо приложить такое зажимное усилие, чтобы не было ни перемещения, ни проворачивания заготовки относительно кулачков. В зависимости от формы насечки на кулачках сопротивление перемещению и проворачиванию может быть различным, так как при этом могут быть разными коэффициенты трения. Перемещение заготовки под действием силы  $P_y$  в силу жёсткости заготовки и патрона можно не рассматривать [1].

Допустим, что при перемещении заготовки в кулачках вдоль её оси коэффициент трения будет  $-f_1$ , а при проворачивании  $-f_2$ . Тогда силы трения между кулачками и заготовкой (на одном кулачке) будут составлять при перемещении  $T_1 = f_1 Q$ , а при проворачивании  $T_2 = f_2 Q$ . Определим величину зажимного усилия при условии недопустимости перемещения заготовки в кулачках. Пользуясь принятыми обозначениями и имея в виду, что у патрона три кулачка, уравнение статики примет вид  $3T_1 = P_x$ . После подстановки значения  $T_1$  и введения коэффициента надёжности закрепления  $K$  получим [1]

$$3f_1 Q = K P_x, \text{ и } Q = K P_x / 3f_1. \quad (6.1)$$

Далее определим величину зажимного усилия при условии недопустимости проворачивания заготовки в кулачках. Так как заготовка зажата в трёх кулачках уравнение моментов будет иметь вид [1]

$$3T_2 \cdot \frac{D_2}{2} = P_z \cdot \frac{D_1}{2}, \quad (6.2)$$

где  $T_2$  – сила трения между одним кулачком и заготовкой при проворачивании последней;  $D_1, D_2$  – диаметры наружной цилиндрической поверхности заготовки на участках её обработки и закрепления в кулачках.

После подстановки значения  $T_2$  и введения коэффициента  $K$  уравнение примет вид [1]

$$Q = K \cdot P_z \cdot \frac{D_1}{3f_2 D_2}. \quad (6.3)$$

Для дальнейших расчётов зажимных устройств берётся максимальное значение силы закрепления [1].

#### 6.4 Выбор величины коэффициента трения

В приспособлениях силы трения возникают на поверхностях контакта заготовки с опорными элементами, а также в местах контакта зажимных устройств с поверхностью заготовки. Величина коэффициента трения зависит от многих факторов. И зависит от многих сил, препятствующих перемещению заготовки, которые, строго говоря, нельзя называть силами трения. Более правильно их называть силами сопротивления перемещению. Однако для простоты и краткости в дальнейшем применяется термин «коэффициент трения» и его обозначение  $f$ . В приспособлениях встречается много различных сочетаний контактных поверхностей, различающихся по форме, состоянию поверхности, твёрдости и т.д. Если контактный элемент в виде плоскости соприкасается с обработанной поверхностью заготовки можно принять  $f = 0,10 \dots 0,15$ , если контакт происходит по линии  $f = 0,18 \dots 0,3$ . При контакте необработанной поверхности заготовки с закалённым насечённым элементом  $f = 0,5 \dots 0,8$ . Если контактный элемент при закреплении соприкасается с цилиндрической поверхностью заготовки (при установке в кулачках, в цанге и т.п.), то  $f = 0,25 \dots 0,45$  [1, 3].

## 6.5 Выбор величины коэффициента надёжности закрепления

Значение коэффициента надёжности закрепления  $K$  следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определённого фактора. Следовательно [1]

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6.$$

Коэффициент  $K_0$ , представляющий собой гарантированный коэффициент запаса надёжности закрепления, для всех случаев следует брать равным 1,5. Коэффициент  $K_1$  учитывает увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках. Для черновой обработки  $K_1 = 1,2$  для чистовой  $K_1 = 1,0$ . Коэффициент  $K_2$  учитывает увеличение силы резания вследствие затупления инструмента. Он зависит от вида обработки, марки материала. Его значение колеблется от 1,0 до 1,9. Коэффициент  $K_3$  учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании,  $K_3 = 1,2$  при прерывистом точении. Коэффициент  $K_4$  учитывает непостоянство зажимного усилия привода в процессе обработки  $K_4 = 1,3$  – для ручных зажимных устройств;  $K_4 = 1,0$  – для пневматических и гидравлических устройств. Коэффициент  $K_5$  – учитывает степень удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах.  $K_5 = 1,0$  при удобном расположении и малой длине рукоятки.  $K_5 = 1,2$  при диапазоне угла отклонений рукоятки  $90^\circ$ . Коэффициент  $K_6$  – учитывает неопределённость из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами, имеющими большую опорную поверхность. Этот коэффициент учитывает только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку.  $K_6 = 1,0$  – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой.  $K_6 = 1,5$  – для опорного элемента с большой площадью контакта. При приведённых значениях коэффициентов  $K_0 - K_6$  величина  $K$ , рассчитанная по формуле, может колебаться в значительных пределах (1,5...8,0). Если в результате расчёта величина  $K$  окажется менее 2,5, то при расчёте величины зажимного усилия её следует принять равной 2,5. Этот запас надёжности закрепления оговорён ГОСТ 12.2.029 [1, 3].

## 6.6 Конструкция и расчет контактных элементов для реализации сил зажима

Конструкции контактных элементов передающих силу закрепления в приспособлениях разнообразны. Все их можно классифицировать по виду контакта и по типу зажимного механизма, в котором они используются [1, 3].

По виду контакта контактные элементы можно подразделить [1]:

- элементы с точечным контактом;
- элементы с контактом по линии;
- элементы с контактом по площади.

**Элементы с точечным контактом** используются в винтовых зажимных устройствах (винты со сферической головкой) и в рычажных механизмах (прихваты) [1].

**Элементы с контактом по линии** используются практически во всех видах зажимных механизмов [1].

Расчёт таких контактных элементов сводится к нахождению контактных напряжений и сравнению их с допускаемыми. Для этого используется формула Беляева-Герца [1]

$$\sigma_{KH} = \sqrt{\frac{q \cdot E_{\text{ПР}}}{\rho_{\text{ПР}}}} \leq [\sigma]_{KH}, \quad (6.4)$$

где  $q$  – удельная нагрузка в Н/мм. При контакте в точке  $q = Q$  ( $Q$  – сила закрепления, Н). При контакте по линии  $q = Q/l$  ( $l$  – длина линии).  $E_{\text{ПР}}$  – приведённый модуль упругости материалов контактируемых деталей, Н/мм<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{ПР}}$  – приведённый радиус кривизны контактируемых поверхностей деталей в месте их контакта, мм;  $[\sigma]_{KH}$  – допустимое контактное напряжение, Н/мм<sup>2</sup>.

**Элементы с контактом по площади** используются в клиновых, эксцентриковых, рычажных силовых механизмах. При проектировании таких элементов расчёт их сводится к определению напряжений смятия, касательных напряжений и напряжений кручения. Затем проводится их проверка с соответствующими допускаемыми напряжениями. Напряжения смятия определяются по формуле [1]:

$$\sigma_{CM} = Q / F_{CM} \leq [\sigma]_{CM}, \quad (6.5)$$

где:  $F_{CM}$  – площадь смятия, мм<sup>2</sup>;  $[\sigma]_{CM}$  – допустимое напряжение на смятие Н/мм<sup>2</sup>.

При наличии моментов сил могут возникнуть касательные напряжения и напряжения кручения. Они определяются по формуле [1]

$$\tau = M / W_P \leq [\tau], \quad (6.6)$$

где  $M$  – крутящий момент, Н·мм;  $W_P$  – полярный момент сечения мм<sup>3</sup>;  $[\tau]$  – допускаемые касательные напряжения (напряжения кручения) Н/мм<sup>2</sup>.

При наличии одновременно касательных напряжений и напряжений сжатия, вычисляемых аналогично  $\sigma_{CM}$ , их проверка осуществляется по приведённым напряжениям [1]

$$\sigma_{\text{ПР}} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]_{CЖ}, \quad (6.7)$$

Для расчёта сил закрепления необходимо знать жёсткости систем установочных и зажимных (контактных) элементов приспособлений по нормали и в тангенциальном направлении. Жёсткость системы зажимных элементов  $J_{\text{Э}}$  находится из уравнения [1]

$$1 / J_{\text{Э}} = 1 / J_1 + 1 / J_2 + 1 / J_3 + \dots + 1 / J_n, \quad (6.8)$$

где  $J_1$  – жёсткость стыка заготовки с зажимом;  $J_2 \dots J_n$  – жёсткость стыков и элементов приспособления, передающих силу закрепления.

Величины  $J_2-J_n$  берут из эмпирических зависимостей по среднему значению силы, действующей на рассматриваемый элемент. Остальные величины берут из формул сопротивления материалов [1].

В общем балансе величины  $1/J_3$  наибольший вес имеет составляющая  $1/J_1$ . На основе анализа схем установки в различных приспособлениях можно рекомендовать приближённую формулу  $J_3 = (0,6...0,8)J_1$  [1].

Величину *упругих перемещений* (мкм) в касательном направлении определяют по формуле [1]

$$y = \omega_\tau \tau, \quad (6.10)$$

где  $\tau$  – касательное напряжение в стыке;  $\omega_\tau$  – тангенциальная податливость.

Упругие перемещения в стыке происходят до величины тангенциальной силы, равной примерно половине силы трения покоя. Затем начинаются большие по величине пластические перемещения, переходящие в сдвиг стыка. Тангенциальная жёсткость стыка «заготовка – зажимной элемент» обычно в 3-4 раза ниже жёсткости стыка «заготовка – опора». На неё влияют зазоры в сопряжениях зажимного механизма и консоли зажимных элементов [1].

При контакте обработанных поверхностей заготовок с контактными элементами коэффициент трения покоя мало зависит от шероховатости поверхности заготовок, давления, материала заготовок и наличия СОЖ. При повышении давления до предельных значений и смачивании поверхностей контакта коэффициент трения уменьшается на одну-две сотых. В расчётах коэффициент трения ориентировочно можно принимать равным 0,16 [1].

При контакте заготовок с контактными рифлёными элементами коэффициент трения зависит от нормальной силы. С её ростом увеличивается глубина внедрения рифлений в поверхность заготовки и сопротивление сдвигу, возрастает коэффициент трения, достигая значений 0,7-0,9 [1].

Зависимость между коэффициентом трения и нормальной силой можно представить для заготовок из серого чугуна и конструкционной стали выражением [1]

$$f = 5 \cdot 10^{-3} N + 0,2, \quad f = 5 \cdot 10^{-5} N + 0,2, \quad (6.11)$$

где  $N$  – нормальная сила на 1 см<sup>2</sup> рабочей поверхности установочного элемента, Н.

## 6.7 Определение силы зажима, развиваемой с помощью винтовых элементов

*Зажим осуществляется гайкой* (рисунок 6.2, а). В этом случае при завинчивании гайки момент силы, приложенной к гаечному ключу (или к рукоятке головки), расходуется на преодоление момента  $M_2$  силы трения в резьбовом соединении гайки с винтом и момента  $M_3$  силы трения на опорной поверхности гайки и, следовательно [1]

$$M_1 = M_2 + M_3, \quad (6.12)$$

С другой стороны момент завинчивания гайки определится по формуле [1]

$$M_1 = P \cdot l, \quad (6.13)$$

где  $P$  – сила, приложенная к гаечному ключу;  $l$  – расчётная длина ключа (рукоятки головки) [1].

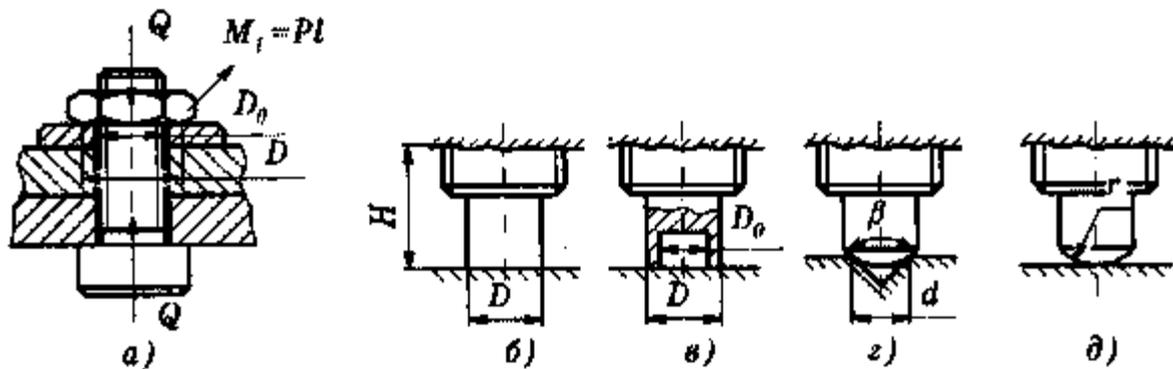


Рисунок 6.2 – Схемы для расчёта винтов

Момент силы трения в резьбовом соединении определится из выражения [1]

$$M_2 = Q \frac{d_{CP}}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*), \quad (6.14)$$

где  $Q$  – осевая сила (сила зажима);  $d_{CP}$  – средний диаметр резьбы;  $\lambda$  – угол подъёма винтовой линии резьбы.

Приведённый угол трения в резьбе [1]

$$\rho^* = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha}, \quad (6.15)$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $\alpha$  – угол профиля резьбы.

Момент силы трения на опорной поверхности гайки [1]

$$M_3 = Q \frac{f_1(D^3 - D_0^3)}{3(D^2 - D_0^2)}, \quad (6.16)$$

где  $f_1$  – коэффициент трения на опорной поверхности гайки (можно принимать  $f_1 = f$ );  $D$  – наибольший диаметр опорной поверхности гайки;  $D_0$  – диаметр отверстия для болта в шайбе. Подставив выражения (6.13), (6.14) и (6.16) в уравнение (6.12) получим

$$P \cdot l = Q \frac{d_{CP}}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*) + \frac{f_1(D^3 - D_0^3)}{3(D^2 - D_0^2)}, \quad (6.17)$$

отсюда, если принять

$$\frac{D}{D_0} = k \quad \text{и} \quad \frac{k^3 - 1}{k^2 - 1} = \psi, \quad (6.18)$$

получим

$$Q = \frac{P \cdot l}{r_{CP} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*) + f \psi D_0}, \quad (6.19)$$

где  $r_{CP} = d_{CP} / 2$  [1].

**Зажим осуществляется торцевой частью винта** (рисунок 6.2, б, в, г, д). В этом случае величина силы зажима зависит от формы торца винта и от формы поверхности, на которую опирается винт. Для винтов типа б в формуле

(6.17) изменяется второе слагаемое, так как в этом случае  $D_o = 0$  и расчётная формула (6.19) принимает следующий вид

$$Q = \frac{P \cdot l}{r_{CP} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*) + f \frac{D}{3}}, \quad (6.20)$$

Для винтов типа *в* используется формула (6.19), для винтов типа *г* с закруглённым торцом радиуса  $r$ , опирающихся на окружность диаметром  $d$  конусного углубления с углом  $\beta$  [1].

$$Q = \frac{P \cdot l}{r_{CP} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*) + r \cdot f \operatorname{ctg}\left(\frac{\beta}{2}\right)}. \quad (6.21)$$

Для винтов типа *д* [1]

$$Q = \frac{P \cdot l}{r_{CP} \operatorname{tg}(\lambda + \rho^*)}. \quad (6.22)$$

Дальнейшие расчёты связаны с определением напряжений на сжатие, смятие и кручение по известным формулам сопротивления материалов [1].

## 6.8 Расчёты клиновых и эксцентриковых зажимных устройств

Клиновые зажимные устройства нашли в станочных приспособлениях широкое применение. Основными элементами их являются одно-, двух- и трёх-скосные клинья. Обычно используются самотормозящиеся клинья.

Условие самоторможения односкосного клина 3 (рисунок 6.3, *а*) выражается зависимостью [1]

$$\alpha \leq 2\beta, \quad (6.23)$$

где  $\alpha$  – угол клина;  $\beta$  – угол трения на поверхностях  $H$  и  $\Gamma$  контакта клина с сопряжёнными деталями.

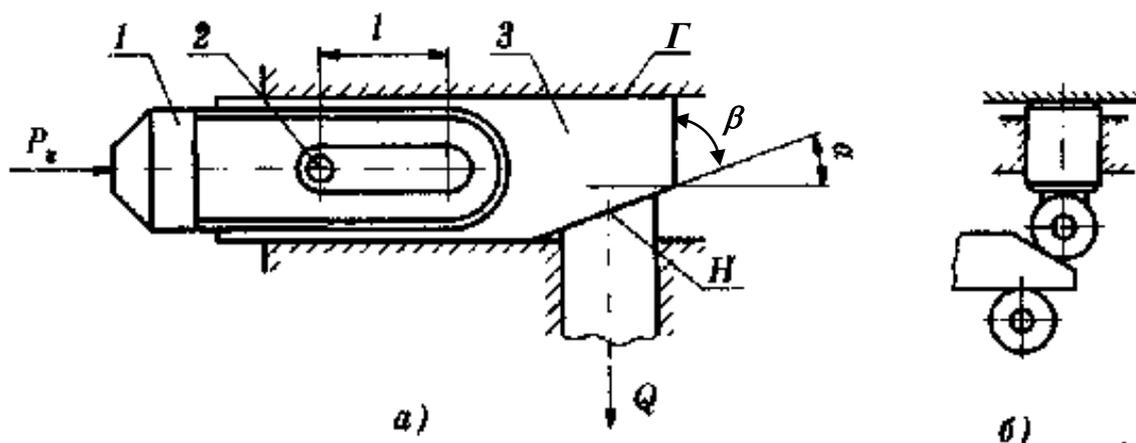


Рисунок 6.3 – Элементы клиновых устройств

Самоторможение обеспечивается при угле  $\alpha = 12^\circ$ , однако для предотвращения того, чтобы вибрации и колебания нагрузки в процессе использования зажима не ослабили крепление детали, часто применяют клинья с углом  $< 12^\circ$  [1].

Вследствие того, что уменьшение угла приводит к усилению самотормозящих свойств клина, необходимо при конструировании привода к клиновому механизму предусматривать устройства, облегчающие вывод клина из рабочего состояния, так как освободить нагруженный клин труднее, чем ввести его в рабочее состояние [1].

Этого можно достичь путём соединения штока приводного механизма с клином (рисунок 6.3, а). При движении штока 1 влево он проходит путь  $l$  входную, а затем, ударяясь в штифт 2, запрессованный в клин 3, выталкивает последний. При обратном ходе шток так же с ударом в штифт заталкивает клин в рабочее положение. В случаях, когда самоторможение клина не требуется, целесообразно применять ролики на поверхностях контакта клина с сопряжёнными деталями приспособления (рисунок 6.3, б), тем самым облегчается ввод клина в рабочее положение и вывод в исходное положение. В этих случаях обязательно стопорение клина. Силу, возникающую на скосе клина, можно определить по формуле [1]

$$Q_1 = P_{II} / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (6.24)$$

где  $\varphi \approx 6^\circ \dots 8^\circ$  - угол трения покоя.

**Эксцентриковые зажимные устройства**, основными элементами которых являются цилиндрические или криволинейные кулачки и кулачковые валики, распространены также достаточно широко. Зажим с помощью этих устройств осуществляется значительно быстрее, чем с помощью винтовых, но возможность их применения более ограничена по сравнению с винтовыми. Объясняется это тем, что эксцентриковые зажимы хорошо работают только при незначительных отклонениях размеров поверхностей, по которым обрабатываемые детали укрепляются, и при отсутствии вибраций деталей в процессе обработки [1].

Половину цилиндрического кулачка или валика, поворачиваемого силой  $P$  относительно оси  $O$ , удалённой от геометрической оси на величину  $e$ , можно считать односкосным клином (рисунок 6.4) [1].

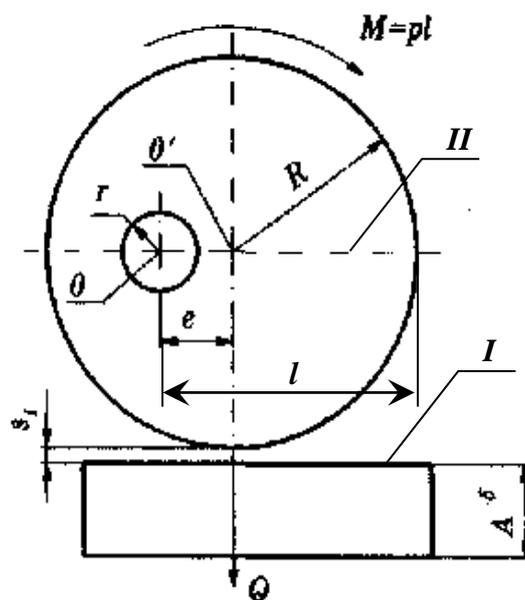


Рисунок 6.4 – Круглый эксцентрик

Этот клин под действием момента  $M = Pl$  продвигается между неподвижной осью  $II$  эксцентрика и перемещающейся или упруго деформирующейся под действием этого клина обрабатываемой деталью  $I$ . Если угол поворота значительно меньше  $180^\circ$  тогда, эксцентриситет вычисляется по формуле [1]

$$e = \frac{s_1 + \delta + \frac{Q}{j}}{1 - \cos \alpha}, \quad (6.25)$$

где  $s_1$  – зазор для свободного ввода заготовки под эксцентрик, мм;  $j$  – жёсткость зажимного устройства, Н/мм;  $\delta$  – допуск на размер  $A$ .

Радиус цапфы эксцентрика (мм) найдём, задавшись шириной эксцентрика  $b$  [1].

$$r = \frac{Q}{2b\sigma_{CM}}, \quad (6.26)$$

где  $\sigma_{CM}$  – допускаемое напряжение на смятие (при расчётах 150-200 МПа).

При  $b = 2r$  [1]

$$r = \sqrt{\frac{Q}{4\sigma_{CM}}}. \quad (6.27)$$

Радиус эксцентрика  $R$  находится из условия самоторможения [1]

$$R = \frac{e - \rho}{\sin \varphi}, \quad (6.28)$$

где  $\varphi$  – угол трения покоя (для полусухих поверхностей можно применять  $\varphi = 6^\circ \dots 8^\circ$ );  $\rho$  – радиус круга трения [1]

$$\rho = f' \cdot r, \quad (6.29)$$

где  $f'$  – коэффициент трения покоя в цапфе (при расчётах  $f' = 0,12 \dots 0,15$ ).

Ширина рабочей части эксцентрика определяется по формуле [1]

$$b = 0,17 \cdot \frac{Q \cdot E}{R\sigma_B^2}, \quad (6.30)$$

где  $E$  – модуль упругости (для стали при расчётах  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа);  $\sigma_B$  – предел кратковременной прочности для материала эксцентрика, в месте контакта эксцентрика с заготовкой (для закаленной стали  $\sigma_B = 800 \dots 1200$  МПа) [1].

Размеры эксцентрика  $e$ ,  $r$ ,  $R$ ,  $b$  согласовывают с ГОСТ 9061. Наибольший момент на оси поворота эксцентрика (см. рис. 6.4) находится по формуле [1]

$$P \cdot l = [1 + \cos(\alpha' + \varphi)] \cdot e \cdot Q, \quad (6.31)$$

где  $\alpha' = 180^\circ - \alpha$ ,  $\varphi = 6^\circ$ ,  $l = \varepsilon + R$  и  $P \cdot l = N \cdot l_1$ , где  $l_1$  – длина рукоятки, а  $N$  – усилие на рукоятке эксцентрика.

Учитывая, что сила прикладывания к рукоятке не превышает  $N = 160$  Н, можно найти длину рукоятки. Если закрепляют заготовку наибольшего предельного размера, то угол поворота эксцентрика можно определить из выражения [1]

$$s_1 + \frac{Q}{j} = e \cdot (1 - \cos \alpha), \quad (6.32)$$

Отсюда, необходимо найти угол  $\alpha$  и определить максимальный момент на рукоятке [1].

**Криволинейные кулачки** в отличие от круговых эксцентриков характеризуются постоянством угла подъёма, что обеспечивает самотормозящие свойства при любом угле поворота кулачка. Рабочая поверхность таких кулачков чаще всего выполняется по логарифмической спирали [1]

$$\rho = Ce^{a\Theta} \quad (6.33)$$

или архимедовой спирали

$$\rho = a\Theta, \quad (6.34)$$

где  $\rho$  – радиус-вектор кулачка;  $C$  – постоянная величина;  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $a$  – коэффициент пропорциональности;  $\Theta$  – полярный угол.

Если уравнение (6.33) представить в логарифмическом виде, как и уравнение (6.34), в декартовых координатах будет оставлять прямую линию. Поэтому построение кулачков с поверхностями в виде логарифмической или архимедовой спирали можно выполнить с достаточной точностью просто, если значения взятые по графику в декартовых координатах, отложить от центра окружности в полярных координатах. Диаметр окружности при этом подбирают в зависимости от требующейся величины хода эксцентрика.

В практике также находят применение эвольвентные эксцентрики [1].

## 6.9 Силы зажима, создаваемые с помощью рычажных зажимных устройств (прихватов)

Силу зажима можно определять без учёта потерь на трение. В этих случаях при использовании прихватов по схеме, показанной на рисунке 6.5, а, сила зажима [1]

$$Q = \frac{P_{II} \cdot l}{L}. \quad (6.35)$$

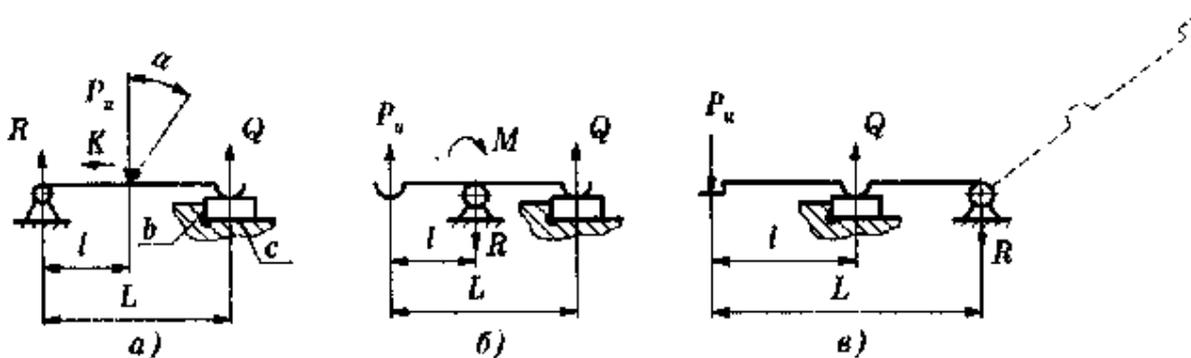


Рисунок 6.5 – К расчёту прихватов

Для прихватов по схемам, показанным на рисунке 6.5, б, в.

$$Q = P_{II} l / (L - l). \quad (6.36)$$

Если учитывать потери на трение в опоре прихвата, то силу зажима можно определить по следующим формулам [1]

1. Для прихвата по схеме, показанной на рисунке 6.5, *а* [1],

$$Q = \frac{P_{II} \cdot l - f \cdot R \cdot r}{L} = P_{II} \frac{L \cdot l - f \cdot r(L-l)}{L^2}, \quad (6.37)$$

где  $R = P_{II} \cdot \frac{L-l}{L}$ ;  $f$  – коэффициент трения в опоре;  $r$  – радиус опоры.

2. Для прихвата по схеме, данной на рисунке 6.5, *б* [1],

$$Q = \frac{P_{II} \cdot l - f \cdot R \cdot r}{L-l} = P_{II} \frac{(L-l) - f \cdot l \cdot r}{(L-l)^2}, \quad (6.38)$$

где  $R = P_{II} \cdot \frac{L}{L-l}$ .

Для прихвата по схеме, приведённой на рисунке 6.5, *в* [1],

$$Q = \frac{P_{II} \cdot l - f \cdot R \cdot r}{L-l} = P_{II} \frac{(L-l)l - f \cdot r \cdot L}{(L-l)^2}, \quad (6.39)$$

где  $R = P_{II} \cdot \frac{L}{L-l}$ .

Если принять  $L = 2 \times l$ ,  $f = 0,1$  и  $r = 0,2 \times l$ , то получим  $Q = 0,495 \times P_{II}$  (рисунок 6.5, *а*),  $Q = 0,96 \times P_{II}$  (рисунок 6.5, *б*) и  $Q = 1,98 \times P_{II}$  (рисунок 6.5, *в*). Таким образом, по сравнению с прихватом, показанным на рисунке 6.5, *а*, прихват, приведённый на рисунке 6.5, *в*, обеспечивает почти в 4 раза большую силу зажима при одинаковой силе привода [1].

## 6.10 Цанговые зажимы

В многоклиновых, цанговых зажимах (рисунок 6.6) происходит самоцентрирование зажимаемой заготовки. Причём, все клинья цанги имеют одинаковую силу зажима [1].

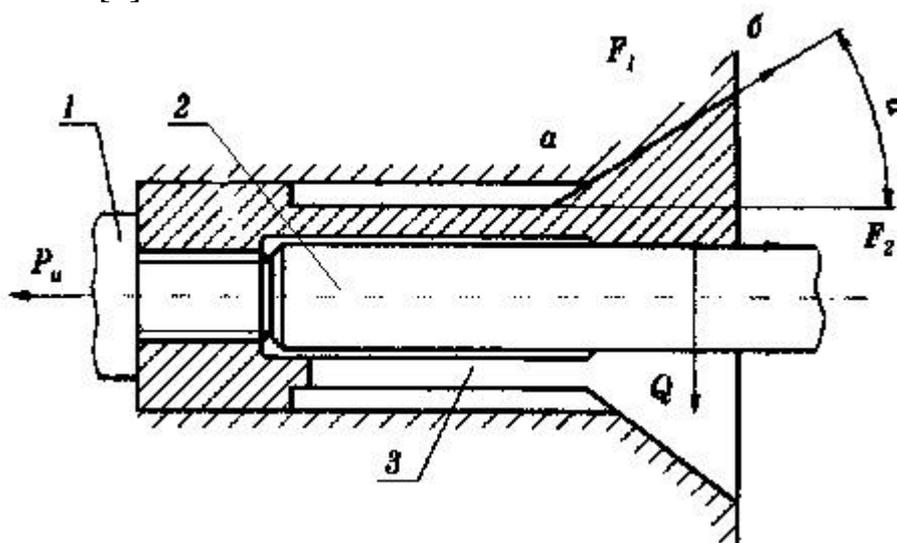


Рисунок 6.6 – Цанговый зажим

Многоклиновый самоцентрирующийся цанговый зажим (рисунок 6.6) имеет упор 1 для прутка 2. В этом механизме каждый лепесток 3 цанги (клин) при зажиме прутка 2, перемещаясь по неподвижной конической поверхности, работает как односкосый клин и преодолевает силы трения  $F_1$  и  $F_2$  по двум его рабочим поверхностям. Если в многоклиновом цанговом механизме упора 1 нет, то каждый лепесток 3 цанги при зажиме прутка 2, перемещаясь по неподвижной наклонной поверхности  $ab$ , работает как односкосый клин и преодолевает только силы трения по его рабочей поверхности (в этом случае сила  $F_2 = 0$ ) [1].

Суммарная сила зажима всеми лепестками 3 цанги при трении только по наклонным поверхностям  $ab$  будет равна [1]

$$Q_{\text{СУМ}} = \frac{P_{\text{И}}}{\text{tg}(\alpha + \varphi_1)} \cdot \quad (6.40)$$

При перемещении цанги и по прутку [1]

$$Q_{\text{СУМ}} = \frac{P_{\text{И}}}{\text{tg}(\alpha + \varphi_1) + \text{tg} \varphi_2} \cdot \quad (6.41)$$

Сила зажима каждым лепестком цанги  $Q_1 = Q_{\text{СУМ}}/n$ , где  $n$  – число лепестков в цанговом зажиме [1].

## 6.11 Комбинированные зажимы

Комбинированные зажимные устройства сочетают в себе элементарные зажимы различного типа. Их применяют для увеличения сил закрепления, изменения величины хода зажимающего элемента, изменения направления сил зажима, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления. Комбинированные зажимные устройства могут также обеспечивать одновременное крепление заготовки в нескольких местах. Они приводятся в действие от ручного привода или от пневматических, гидравлических и других силовых узлов. В устройствах с большим числом звеньев имеют место значительные потери передаваемых сил, в результате чего их КПД невелик. К комбинированным зажимным устройствам относятся винтовые прихваты, состоящие из винтового и рычажного зажимов; эксцентриковые прихваты, состоящие из эксцентрикового и рычажного зажимов, и другие. Рычаги прихватов для удобства установки заготовок выполняют передвижными и откидными. Детали прихватов, в основном, стандартизованы или нормализованы [1].

Схема комбинированного зажимного устройства с ручным приводом приведена на рисунке 6.7. Оно представляет собой шарнирно-рычажный зажим и является примером быстродействующих устройств, приводимых в действие поворотом рукоятки. Такие зажимные устройства широко применяют в виде нормализованных узлов, позволяющих иметь различную компоновку в приспособлениях. Во избежание самооткрепления устройства в процессе обработки рукоятка переводится через мёртвую точку до упора 1. Сила закрепления зависит от величины деформации системы и её жёсткости. Необходимую деформацию системы устанавливают регулировкой нажимного винта 2. Однако наличие до-

пуска на размер  $H$  не обеспечивает постоянства силы закрепления для всех заготовок данной партии [1].

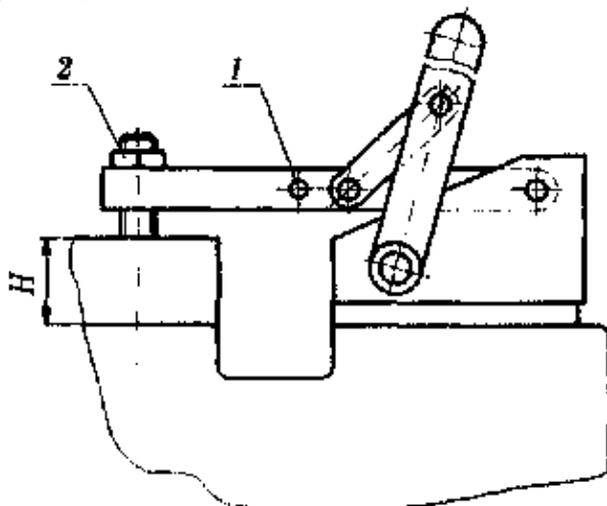


Рисунок 6.7 – Комбинированный прихват

Сила закрепления заготовки при повороте рукоятки увеличивается от нуля до максимального значения  $Q_{max}$  и далее несколько уменьшается при доведении рукоятки до упора. Зная заданное значение  $Q_{max}$  и беря плечи горизонтальной планки равными по длине, модуль упругости её материала  $E$ , величину её наибольшего прогиба  $y_{max}$  (берётся около 1 мм), можно найти момент инерции  $J$  её поперечного сечения из равенства [1]

$$y_{max} = \frac{Pl^3}{48EJ}, \quad (6.42)$$

где  $P = 2Q_{max}$ .

При допуске  $\delta$  на размер  $H$  заготовки сила будет изменяться от минимального до максимального значения [1]

$$Q_{min} = \frac{24EJy_{max}}{l^3}, \quad Q_{max} = \frac{24EJ(y_{max} + \delta)}{l^3}. \quad (6.43)$$

На рисунке 6.8 показан один из видов нормализованных прихватов с передвижной планкой 1 и регулируемой опорой 2 [1].

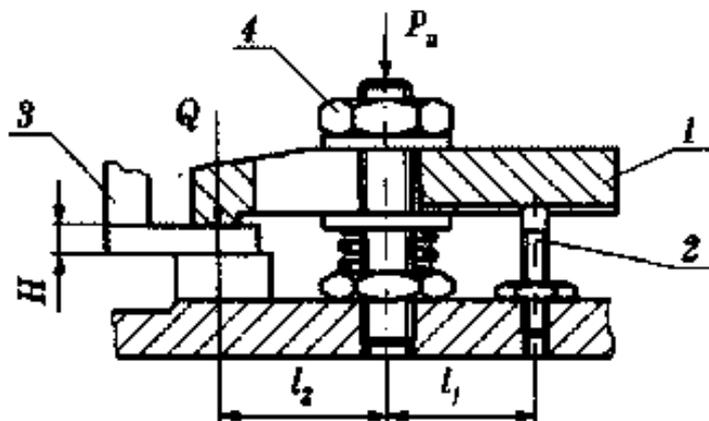


Рисунок 6.8 – Нормализованный прихват

Прихват применяют для закрепления заготовок 3 с различными размерами  $H$ . При завинчивании гайки 4 планка 1 зажимает заготовку 3. Из равенства моментов сил относительно неподвижных опор находим величину исходной силы  $P_H$ , развиваемой винтом [1]

$$P_H = \frac{Q(l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta}, \quad (6.44)$$

откуда сила зажима [1]

$$Q = \frac{P_H \cdot l_1 \cdot \eta}{l_1 + l_2}, \quad (6.45)$$

где  $\eta = 0,95$  – КПД, учитывающий потери на трение между прижимной планкой 1 и её опорой 2.

На рисунке 6.9 представлен комбинированный зажим с пневматическим приводом [1].

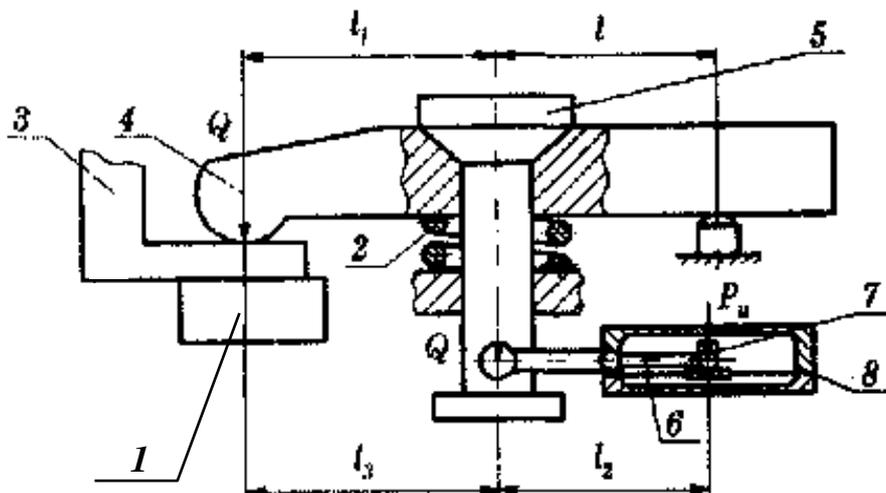


Рисунок 6.9 – Комбинированный зажим с пневмоприводом

При подаче сжатого воздуха в нижнюю часть пневмокамеры, мембрана 8 прогибается и шток 7, жёстко связанный с мембраной, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, поднимает его правое плечо, а левое – опускает. Рычаг 6 левым плечом опускает стержень 5 с планкой 4 и планка левым плечом зажимает заготовку 3, установленную на опорах 1. При подаче сжатого воздуха в верхнюю часть пневмокамеры мембрана 8 прогибается вниз и шток 7, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, перемещает правое его плечо вниз, а левое – вверх. В этом случае рычаг левым плечом поднимает стержень 5 и он прекращает нажим на планку 4 и деталь освобождается. Пружина 2 поднимает прихват 4 и прижимает его к верхней головке стержня 5. Сила зажима заготовки данным устройством [1]

$$Q = P_H \left[ \frac{l_2 \cdot l}{l_3(l + l_1)} \right] \cdot \eta, \quad (6.46)$$

где  $P_H$  – сила на штоке пневмокамеры;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий трение в шарнирных соединениях и в пневмокамере;  $l_2$  и  $l_3$  – длины плеч рычага-

усилителя;  $l_1$  и  $l$  – длины плеч прижимного рычага (планки).

На рисунке 6.10 показана другая схема комбинированного зажимного устройства с пневмоцилиндром [1].

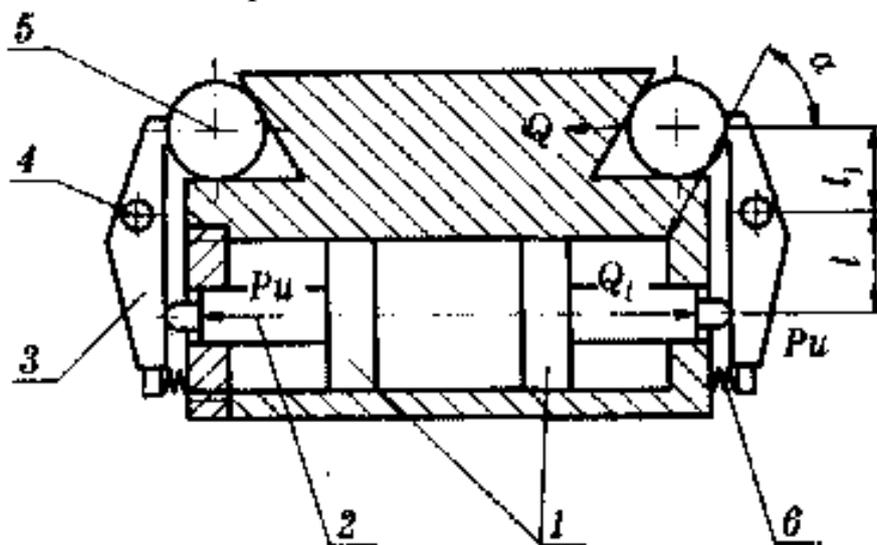


Рисунок 6.10 – Комбинированный зажим с пневмоприводом

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршни 1 со штоками 2 перемещаются в разные стороны. В это время штоки поворачивают планки 3 на осях 4 и они зажимают заготовки 5. При подаче сжатого воздуха в штоковые полости пневмоцилиндра поршни со штоками перемещаются к центру, и штоки прекращают нажим на планки. Пружины 6 поворачивают планки 3 на оси 4 и детали 5 освобождаются [1].

Сила зажима заготовки планкой [1]

$$Q = \frac{P_{н} \cdot l \cdot \eta}{l_1}; \quad Q_1 = \frac{P_{н} \cdot l \cdot \eta}{l_1 \cdot \cos \alpha}, \quad (6.47)$$

где  $l$  и  $l_1$  – длины плеч планки;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий потери на трение в уплотнениях поршня и штока и на осях планок;  $\alpha$  – угол между силами зажима детали.

## 7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ [1]

Процесс проектирования можно разделить на две части.

**Первая часть** – сбор информации. Проводится совместная работа технолога и конструктора. Итогом работы является разработка схемы базирования. Основная задача при этом – разработка оптимального варианта конструкции приспособления с максимальным использованием уже имеющихся решений.

**Вторая часть** – создание самой конструкции приспособления. На этом этапе происходит «материализация» схемы базирования. Этот этап носит субъективный характер. Качество выполнения этого этапа определяется квалификацией конструктора.

Расположение детали на схеме приспособления должно соответствовать её положению в станочном приспособлении при обработке заготовки на соответствующем станке. В случае установки заготовки в приспособление не по основным конструкторским, а по вспомогательным базам технолог должен просчитать погрешности базирования и произвести перерасчёт допусков на базисные размеры и на чертеже детали проставить новые расчётные допуски. Конструктор, получив задание на разработку приспособления для обработки деталей на станке, проводит следующую работу.

1. Изучает рабочие чертежи заготовки и готовой детали с техническими условиями.

2. Изучает принципиальную схему конструкции приспособления, разработанного технологом, в которой указан способ базирования и закрепления заготовки.

3. Знакомится по технологической карте с технологическим процессом изготовления детали.

4. Изучает операционный эскиз механической обработки заготовки на соответствующей операции, станке и схему её установки и закрепления в проектируемом приспособлении.

5. Знакомится с техническими данными станка, на котором будет установлено проектируемое специальное приспособление.

6. Изучает в механическом цехе условия работы проектируемого приспособления и решает с инженерно-техническими работниками цеха возникшие вопросы и выявляет их предложения и пожелания.

7. В заключение конструктор с технологом решают ряд вопросов, возникших у него в результате ознакомления с заданием: уточняет годовую программу выпуска деталей, обсуждают схему конструкции приспособления, определяют экономический эффект применения приспособления и окончательно устанавливают вариант схемы конструкции приспособления.

8. Далее конструктор на основании принятой схемы приспособления конструктивно оформляет элементы приспособления и его общую компоновку с необходимыми проекциями и разрезами.

**В качестве исходных данных** для проектирования конструктор должен иметь: чертежи заготовки и детали с технологическими требованиями их приёмки; операционный чертёж на предшествующую и выполняемую операцию; операционные карты технологического процесса обработки данной детали.

Прежде всего, должно быть разработано, согласовано и утверждено в установленном порядке техническое задание (ТЗ) на проектирование. Такое задание конструктор приспособления получает от технолога, проектирующего технологический процесс и операционные эскизы установки детали при её механической обработке на станках. Техническое задание устанавливает: назначение, технические, технико-экономические и специальные требования к конструкции приспособления и конкретные сведения: о промежуточных размерах и форме обрабатываемой детали, которые предусмотрены в технологическом процессе, и должны быть обеспечены при выполнении предшествующей и данной операции; о станке на котором будет выполняться данная операция; о типе

приспособления; способе установки в нём обрабатываемой детали; об инструменте и режимах обработки и другие сведения.

## 7.1 Содержание основных этапов проектирования

**Первый этап** – ознакомление с чертежами детали и заготовки, которая подлежит обработке. Анализируется форма поверхностей детали, точность их обработки, технические условия на изготовление, вид заготовки и марка материала.

**Второй этап** – разработка технологического процесса обработки поверхности элемента детали, для которой проектируется приспособление. Характер и последовательность выполнения всего технологического процесса обработки самой детали задаётся технологом. На данном этапе необходимо иметь сведения о состоянии поверхности детали. При этом необходимо уточнить: обработана она или нет, установить её шероховатость и точность.

**Третий этап** – выбор технологических баз. Необходимо строго определить положение обрабатываемых поверхностей заготовки на данной операции, для которой конструируется приспособление, относительно режущего инструмента или других частей станка. Положение заготовки в приспособлении обеспечивается посредством опорных элементов. Сохранение данного положения обеспечивается путём силового замыкания. При базировании заготовок в приспособление опорные точки на базовых поверхностях заготовок проявляются в виде точек контакта базовых поверхностей с опорными элементами приспособлений. Количество точек контакта определяется схемой базирования, которая определяется формой поверхности технологической базы. Чтобы определить место контакта обрабатываемой заготовки с опорными элементами приспособлений, необходимо установить конструкторские базы изготавливаемой детали. При выборе баз для ориентирования детали в приспособлении необходимо чтобы конструкторские базы совпадали с технологическими. Особенно это условие важно выполнить на первых операциях. На этом этапе рассматривается базирование по трём взаимно-перпендикулярным направлениям.

**Четвёртый этап** – определение мест и величины силового замыкания. Местом приложения силового замыкания называется поверхность или несколько участков поверхности, к которой прикладывается усилие закрепления с целью создания надёжного контакта заготовки с опорными элементами и обеспечения её неподвижности в процессе обработки. Усилие закрепления направляется в сторону опорных элементов и должно пересекать их, либо проходить вблизи них. Для каждой операции механической обработки должен быть составлен окончательно только лишь один вариант схемы базирования и приложения силового замыкания.

**Пятый этап** – выбор привода зажимного устройства. При этом нужно учесть, что при конструировании приспособлений наибольшее распространение получили пневмоприводы. Габаритные размеры пневмопривода можно ориентировочно оценить по величине силового замыкания, если принять коэффициент усиления силового замыкания  $i = 1$ . Если габариты получаются боль-

шими, то можно использовать гидравлические приводы. При этом нужно учитывать то обстоятельство, что экономическая эффективность достигается при использовании групповой гидравлической станции.

**Шестой этап** – выбор зажимных элементов. При этом используются сведения о форме конструкций в зависимости от вида поверхности, к которой прикладывается силовое замыкание. Эти сведения приводятся в соответствующих справочниках. Конструкция элементарных зажимных устройств стандартизована. После выбора устройства решается вопрос о направлении движения элементов устройства, при которых обеспечивается свободное перемещение заготовки при её установке и снятии в приспособлении. Этот вопрос решается одновременно с определением положения привода в компоновке приспособления.

**Седьмой этап** – определение положения привода в приспособлении. От характера расположения привода зависят габаритные размеры и металлоёмкость корпуса приспособления. При использовании специального корпуса эта задача упрощается. Отпадает необходимость размерной увязки крепёжных мест корпуса и цилиндра.

**Восьмой этап** – выбор корпуса приспособления. Конструкция корпуса должна объединять все функциональные сборочные единицы и детали, иметь достаточную жёсткость, предотвращающую потерю точности при обработке.

**Девятый этап** – разработка компоновки приспособления. Осуществляется на уровне технического проекта. Чертёж компоновки должен содержать необходимое число проекций и разрезов. Он должен дать представление о приспособлении, принципе его работы.

**Десятый этап** – проверочные расчёты приспособления на усилие зажима, точности, прочности деталей и узлов. На этом этапе проводятся кинематические расчёты и расчёт экономической целесообразности использования сконструированного приспособления для изготовления деталей одной классификационной группы. Это относится, прежде всего, к деталям сложной конфигурации включающих в себя совокупность всех четырёх поверхностей, у которых обрабатывается одна или две поверхности.

## 7.2 Расчет приспособлений на точность

Основное требование, предъявляемое к приспособлению – обеспечить заданную точность обработки на настроенном станке. Поэтому ещё на стадии проектирования приспособления следует производить расчёты заданной точности обработки. Обычно их проводят после того, как уже назначены допуски на изготовление и износ элементов приспособления. По существу эти расчёты являются проверочными. В результате расчётов должно быть выполнено условие:

$$\delta_{\Sigma} \leq a, \quad (7.1)$$

где  $a$  – допуск на размер, на отклонение (от соосности, параллельности и т.д.) расположения обрабатываемой поверхности, в мм;

$\delta_{\Sigma}$  – максимальная результирующая погрешность обработки, в мм.

## 7.2.1 Составляющие погрешности

Результирующая погрешность обработки является следствием совокупного влияния различных факторов, порождающих погрешности обработки. К их числу относятся: погрешности изготовления и износа элементов станка, приспособления и инструмента; погрешности деформации приспособления и заготовки под действием сил резания и т.д. Каждый из факторов порождает свою составляющую погрешность обработки.

При обработке заготовок в приспособлениях на настроенных станках можно выделить следующие основные независимые составляющие погрешности:

$\delta_C$  – погрешность станка в ненагруженном состоянии, вызываемая погрешностями изготовления и сборки его деталей, узлов и их износом;

$\delta_{Р.П}$  – погрешность расположения приспособления на станке – расположения, посадочных поверхностей приспособления относительно посадочного места станка;

$\delta_{П.О}$  – погрешность расположения опорных поверхностей относительно посадочных поверхностей приспособления;

$\delta_{Б.И.Б}$  – погрешность базирования исходной базы заготовки в приспособлении;

$\delta_3$  – погрешность, вызываемая закреплением заготовки в приспособлении;

$\delta_{П.Н}$  – погрешность расположения направляющих элементов относительно опорных элементов приспособления;

$\delta_H$  – погрешность настройки, связанная с погрешностью расположения инструмента относительно направляющих элементов приспособления;

$\delta_I$  – погрешность инструмента, порождаемая погрешностью его изготовления;

$\delta_{Р.И}$  – погрешность расположения инструмента на станке;

$\delta_D$  – погрешность, возникающая вследствие деформации технологической системы станок-заготовка-приспособление-инструмент под влиянием сил резания;

$\delta_{ИЗ}$  – погрешность, вызываемая износом режущего инструмента.

Указанные погрешности не всегда наблюдаются все одновременно. Чаще приходится иметь дело с их частью, так как значения остальных настолько малы, что их влиянием можно пренебречь.

Расчёт заданной точности обработки осуществляется на стадии проектирования приспособления, поэтому определить действительные значения составляющих погрешности практически невозможно. Можно лишь оценить их максимальные значения, которые определяются величиной допустимых отклонений и износом элементов станка, приспособления и инструмента, а также допусками на размеры базы заготовки, которые определяются для каждого конкретного случая из паспорта на станок чертежа детали, принятой схемой базирования.

## 7.2.2 Суммирование составляющих погрешностей

Чтобы определить ожидаемую величину результирующей погрешностей  $\delta_{\Sigma}$  выдерживаемого на операции размера, необходимо суммировать все её составляющие, влияющие на точность данного размера.

На стадии проектирования приспособления, составляющие погрешности, следует отнести к разряду случайных. При суммировании таких погрешностей можно пользоваться следующей формулой:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_C^2 + \delta_{P.П}^2 + \delta_{П.О}^2 + \delta_{Б.И.Б}^2 + \delta_3^2 + \delta_{П.Н}^2 + \delta_H^2 + \delta_I^2 + \delta_{P.И}^2 + \delta_D^2 + \delta_{ИЗ}^2} \quad (7.2)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий закон распределения составляющих погрешностей.

В формулу должны подставляться максимальные значения составляющих погрешностей. Значение  $K$  можно принимать в пределах от 1 до 1,2 в зависимости от числа слагаемых (составляющих погрешностей) в рассматриваемой операции. Чем больше слагаемых, тем ближе к единице следует принимать значения коэффициента  $K$ .

## 7.2.3 Последовательность расчета

Расчёт точности обработки рекомендуется вести в следующей последовательности.

1. Из размеров, выдерживаемых на операции, выделить те, на точность которых влияет приспособление.
2. Из них выбрать для проверки размер с минимальным допуском.
3. Выявить все составляющие погрешности, которые влияют на точность проверяемого размера; при этом на стадии выявления погрешности недопустимо производить суммирование некоторых из них.
4. Определить максимальное значение каждой из составляющих погрешностей.
5. По формуле (7.2) вычислить результирующую погрешность  $\delta_{\Sigma}$ .
6. Сопоставить погрешность  $\delta_{\Sigma}$  с допуском,  $a$  на проверяемый размер.

Если  $\delta_{\Sigma} > a$ , то точность не обеспечивается и необходимо путём уменьшения каких-либо составляющих погрешностей уменьшить  $\delta_{\Sigma}$ . Если  $\delta_{\Sigma} < a$ , то точность обеспечивается.

## 7.3 Посадочные места станков

В зависимости от вида станка приспособление может устанавливаться на его шпинделе, столе либо на другом рабочем органе, имеющем посадочное место – совокупность точно и чисто обработанных поверхностей (иногда одну поверхность). Форма, размеры и допуски на изготовление посадочных мест большинства станков стандартизованы. Сведения о них приводятся в каталогах станков и в справочниках.

## 7.4 Установка приспособлений на токарных, револьверных и круглошлифовальных станках

Установка приспособлений на токарных станках (рисунок 7.1). На практике используются четыре способа установки приспособлений на этих станках: в центрах, в отверстие шпинделя, на шпиндель и на переходный фланец.

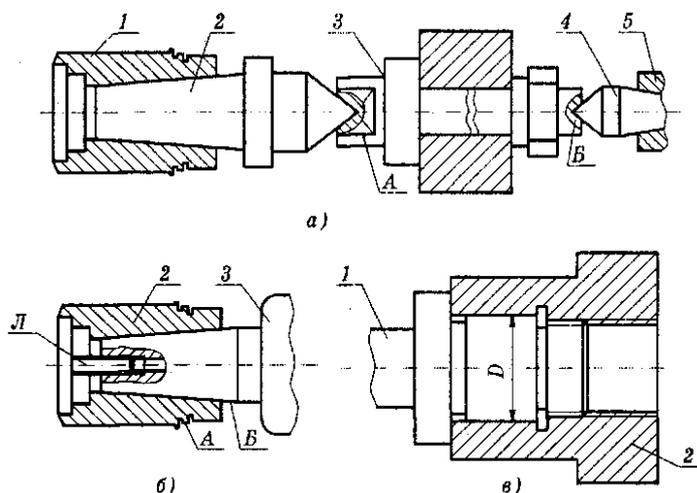


Рисунок 7.1 – Способы установки приспособлений на токарных станках:  
а – в центрах; б – в отверстие шпинделя; в – на шпинделе

**Установка в центрах.** При установке приспособления 3 в центрах (рисунок 7.1, а) станок оснащается передним 2 и задним 4 центрами. При обработке с большими скоростями резания или при значительных усилиях резания в заднюю бабку 5 устанавливается вращающийся центр. Посадочными поверхностями приспособления служат два центровочных отверстия Б. Вращение его осуществляется с помощью переходной планшайбы, навинчиваемой на шпиндель 1 и хомута, закрепляемого на лыске А приспособления.

**Установка в отверстие шпинделя.** При такой установке на корпусе приспособления должна быть выполнена посадочная поверхность в виде хвостовика Б с конусом Морзе, соответствующим по размеру конусу отверстия А шпинделя 2 (рисунок 7.1, б). После установки приспособления – оправки 3 в шпинделе 2 – оно закрепляется с помощью тяги Л для чего в хвостовике оправки предусмотрено резьбовое отверстие.

**Установка на шпиндель.** При установке на шпиндель (рисунок 7.1, в) в приспособлении 2 обрабатываются посадочные поверхности, соответствующие наружным поверхностям посадочного места шпинделя 1. Данный способ обеспечивает высокую жёсткость и позволяет устанавливать в нём заготовки больших габаритов.

**Установка на переходный фланец.** Для установки приспособлений переходные фланцы (рисунок 7.2) имеют слева посадочные поверхности А, выполненные по форме посадочного места шпинделя, а справа – центрирующий буртик Б диаметром  $D$  и высотой  $h = 2...4$  мм. Диаметр  $D$  рекомендуется выполнять с отклонениями по  $k5$  или  $h6$ . В приспособлении предусмотрена центрирующая выточка В по диаметру буртика Б фланца.

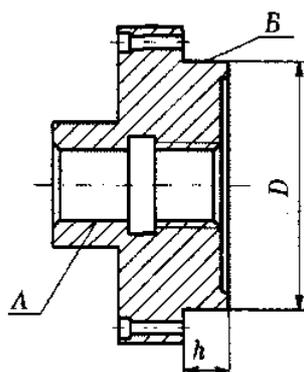


Рисунок 7.2 – Переходный фланец на токарном станке

Установка приспособлений на револьверных станках осуществляется теми же способами, что и на токарных, за исключением установки в центрах, которая не производится.

Установка приспособлений на круглошлифовальных станках осуществляется главным образом в центрах тем же способом, как и на токарных, хотя имеются некоторые различия в устройстве шпинделей круглошлифовальных и токарных станков. Современные круглошлифовальные станки (кроме универсальных) имеют невращающийся шпиндель, что даёт возможность избежать влияние на точность обработки таких погрешностей, как биение шпинделя. Вращение, установленному в неподвижных центрах приспособлению с заготовкой передаётся через хомут от планшайбы, на которой укрепляется поводковый палец. При этом планшайба со шпинделем не связана. Она устанавливается на одной из вращающихся вокруг шпинделя деталей передней бабки. На универсальных круглошлифовальных станках шпиндель может получать вращение. В этих случаях приспособление может устанавливаться в коническое отверстие шпинделя, а также на планшайбу. Последним способом устанавливают самоцентрирующиеся трехкулачковые патроны.

## 7.5 Установка приспособлений на фрезерных станках

Посадочным местом для установки приспособления на фрезерном станке является его стол. На корпусе приспособления снизу предусматриваются посадочные поверхности, которыми оно ориентируется на плоскости стола. Для закрепления приспособления в основании его корпуса предусматриваются проушины, в которые заводятся крепёжные болты. Головки болтов удерживаются в *T*-образных пазах стола.

Часто требуется придать приспособлению вполне определённое положение на столе станка по отношению к направлению продольной подачи стола. В этом случае ориентацию приспособления производят с помощью шпонок по *T*-образным пазам стола.

Ориентация приспособлений на столе с помощью шпонок по *T*-образным пазам осуществляется также на плоскошлифовальных, строгальных и расточных станках.

## 7.6 Разработка технического проекта

Проектирование приспособления и содержание его отдельных этапов осуществляется в следующей последовательности:

1. Выбирается группа приспособления – в зависимости от типа производства.

2. Выбирается способ установки приспособления на станке.

3. Выбираются базы и способы базирования заготовки. Базы могут быть указаны технологом, например, на операционном эскизе или выбираются конструктором. Для выбранных баз конструктор разрабатывает способ базирования заготовки, руководствуясь правилом ориентирования заготовок группой баз.

4. Выбирается точка приложения и направления зажимного усилия – производится обычно одновременно с выбором способа базирования.

5. Выбирается конструкция опорных элементов.

6. Выбирается контактный элемент силового механизма и привода. Производится с учётом конкретных условий выполнения данной операции.

7. Выбирается конструктивная схема силового механизма и всего зажимного устройства.

8. Выбираются направляющие элементы для инструмента. Это выполняется в зависимости от конкретных условий выполнения операции по соответствующим рекомендациям. Разрабатывается компоновка приспособления. Это производится на уровне технического проекта и далее выполняется сборочный чертёж приспособления. Чертёж рекомендуется начинать с изображения обрабатываемой заготовки, а затем дополнять его изображением опорных элементов и зажимных устройств в соответствующих положениях относительно заготовки, направляющих элементов для режущего инструмента и оформлением корпуса приспособления. Обрабатываемую заготовку удобно изображать тонкими линиями красным карандашом с разрезами для выявления способа её базирования и закрепления. Необходимо помнить, что на чертеже за главный принимается вид приспособления, установленного на столе станка и наблюдаемого со стороны рабочего места. После разработки конструкции приспособления приступают к расчётам.

9. По соответствующей методике рассчитываются зажимные устройства для обеспечения надёжного закрепления заготовки.

10. По соответствующей методике рассчитывается точность сконструированного приспособления.

11. Рассчитывается прочность деталей и узлов приспособления. Выполняются кинематические расчёты.

12. Рассчитывается экономическая целесообразность применения сконструированного приспособления.

## 7.7 Оформление сборочного чертежа

*Во-первых*, следует проставить позиции и составить спецификацию.

**Во-вторых** – выбрать и проставить основные размеры. При выборе габаритных размеров приспособления, его отдельных узлов и деталей необходимо руководствоваться ГОСТ 6636 «Нормальные линейные размеры», разработанным на основе предпочтительных чисел и их рядов по ГОСТ 8032. Согласно этому ГОСТу при выборе линейных размеров предпочтение следует отдавать числам из рядов с более крупной градацией чисел:  $Ra5$  – 1-я степень предпочтительности для размеров любых видов, линейных радиусов, радиусов выхода инструмента;  $Ra10$  – 2-я степень предпочтительности для размеров любых видов, радиусов, получаемых фрезерованием шлицевыми и радиусными фрезами, ширины канавок, пазов и буртиков, расстояний между отверстиями;  $Ra20$  – для линейных размеров любых квалитетов точности, диаметров окружностей, на которых расположены центры отверстий;  $Ra40$  – для диаметров и длин 9-го и более грубых квалитетов точности; расстояний между отверстиями, расположенными на прямых линиях; размеров уступов и глубин.

Отступление от ГОСТ 6636 при назначении линейных размеров допускается только в тех случаях, когда они определены методом расчёта и выбор данного расчётного размера отличается от размеров, приведённых в ГОСТе.

После выбора линейных размеров на сборочном чертеже должны быть проставлены: габаритные размеры; размеры посадочных поверхностей приспособления с отклонениями; размеры опорных поверхностей опорных элементов, на которые базируется заготовка с отклонениями; размеры, определяющие положение опорных элементов относительно посадочных поверхностей приспособления, с отклонениями; размеры, определяющие расположение рабочих поверхностей направляющих элементов относительно опорных элементов, с отклонениями; размер отверстия в кондукторных втулках с отклонениями. Если используются быстросменные кондукторные втулки, то для каждой из них должны быть указаны своя позиция и диаметр отверстия с соответствующими отклонениями и указаниями.

**В-третьих**, необходимо составить технические условия, которые должны включать указания: о выверке и пригонке (если они требуются) отдельных элементов приспособления при его сборке; о не показанных на чертеже предельных отклонениях формы и расположения поверхностей; маркировке приспособления; смазке подвижных механизмов; окраске поверхностей; методе транспортировки и хранения приспособления; допустимом износе кондукторных втулок и других элементов; периодичности контроля тех или иных размеров, проставленных на сборочном чертеже; об особых условиях, обеспечивающих безопасное выполнение операций с использованием приспособления.

# ТЕМАТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕСТИРОВАНИЯМ

## Тема 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКЕ

1. Совокупность приспособлений, режущих и мерительных инструментов называется:

Ответ: 1) технологической оснасткой; 2) металлорежущей оснасткой; 3) производственной оснасткой.

2. Организация и управление технологической подготовкой производства регламентируются стандартами:

Ответ: 1) ЕСКД; 2) ЕСТПП; 3) ЕСТД.

3. При применении переналаживаемой технологической оснастки регламентируются следующие требования к ней:

Ответ: 1) высокий уровень программного обеспечения техпроцесса; 2) высокий механизации и автоматизации; 3) высокий уровень унификации, стандартизации и агрегатирования.

4. Вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий в машиностроении называются:

Ответ: 1) приспособлениями; 2) станочными приспособлениями; 3) вспомогательными инструментами.

5. Дополнительные устройства к МРС, позволяющие наиболее экономично в заданных производственных условиях обеспечить заложенные в конструкции детали требования к точности размеров, формы и взаимного положения обрабатываемых поверхностей деталей:

Ответ: 1) приспособлениями; 2) станочными приспособлениями; 3) вспомогательными инструментами.

6. По целевому назначению приспособления делят на следующее количество групп:

Ответ: 1) 3; 2) 7; 3) 5.

7. Приспособления, используемые в основном для придания правильного положения соединяемых деталей в пространстве, называются:

Ответ: 1) установочные; 2) сборочные; 3) транспортные.

8. Приспособления, предназначенные для захвата, перемещения и перевёртывания тяжёлых, а в автоматизированном производстве – любых заготовок или деталей и узлов, называются:

Ответ: 1) установочные; 2) сборочные; 3) транспортные.

9. По степени специализации приспособления делят на:

Ответ: 1) универсальные; 2) переналаживаемые; 3) стандартные.

10. Приспособления, используемые для закрепления заготовок широкой номенклатуры и различной конфигурации, называются:

Ответ: 1) универсальные безналадочные; 2) универсальные; 3) универсально – наладочные.

11. Приспособления, используемые для установки и закрепления определённой группы схожих по форме заготовок деталей, называются:

Ответ: 1) универсальные безналадочные; 2) универсальные; 3) универсально – наладочные.

12. Приспособления, используемые для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, с одинаковыми базовыми поверхностями, требующих одинаковой обработки, называются:

Ответ: 1) специализированные безналадочные; 2) универсальные; 3) универсально – наладочные.

13. Приспособления, состоящие из базового агрегата и специализированной сменной накладки, называются:

Ответ: 1) специализированные безналадочные; 2) специализированные наладочные; 3) универсально – наладочные.

14. Приспособления, состоящие из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, и других деталей, называются:

Ответ: 1) специализированные безналадочные; 2) универсально – наладочные; 3) универсально – сборные.

15. Приспособления, состоящие из набора нормализованных деталей и узлов, допускающих многократную перекомпоновку собираемых конструкций, называются:

Ответ: 1) сборно - разборные; 2) универсально – наладочные; 3) универсально – сборные.

16. Приспособления, предназначенные для выполнения определённых технологических операций и представляющие собой переналаживаемые приспособления одноцелевого типа, называются:

Ответ: 1) сборно - разборные; 2) специальные; 3) специализированные безналадочные.

17. Среди задач, решение которых достигается применением приспособлений, можно выделить следующее количество основных:

Ответ: 1) 7; 2) 5; 3) 3.

18. Повышение производительности труда с помощью применения приспособлений, повышающих степень концентрации операций механической обработки достигается за счет уменьшения:

Ответ: 1) оперативного времени; 2) основного времени; 3) времени на мехобработку.

19. От приспособления зависят погрешности данного вида:

Ответ: 1) размера поверхностей; 2) точности взаимного расположения поверхностей; 3) формы поверхностей.

20. В условиях единичного и мелкосерийного производств широкое распространение получила система:

Ответ: 1) специальных станочных приспособлений; 2) переналаживаемых приспособлений; 3) универсально-сборных приспособлений.

## **Тема 2. ТИПОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

21. По функциональному назначению элементы приспособлений делят на:

Ответ: 1) установочные; 2) направляющие; 3) разметочные.

22. Опорные элементы можно разделить на следующие группы:

Ответ: 1) группу основных опор; 2) группу вспомогательных опор; 3) группу направляющих опор.

23. Рабочие поверхности установочных элементов должны быть:

Ответ: 1) максимальных размеров; 2) средних размеров; 3) небольших размеров.

24. Головка штырей можем иметь следующую форму:

Ответ: 1) плоскую, сферическую и насечённую; 2) плоскую, коническую и насечённую; 3) плоскую, сферическую и коническую.

25. Опорные площадки, установленные непосредственно на корпусе, делают слегка выступающими для обеспечения возможности:

Ответ: 1) их одновременной обработки в двух плоскостях; 2) их одновременной обработки в одной плоскости; 3) их одновременной обработки в трех плоскостях.

26. Опорные пластины бывают:

Ответ: 1) с прямыми пазами; 2) с косыми пазами; 3) плоскими.

27. В данном производстве иногда все опоры делают регулируемы:

Ответ: 1) мелкосерийном; 2) среднесерийном; 3) крупносерийном.

28. Установочный элемент, работающий с рабочей поверхностью в виде паза, называется:

Ответ: 1) пальцем; 2) призмой; 3) пластиной.

29. Установочный элемент, на который обрабатываемая деталь надевается своими обработанными отверстиями, называется:

Ответ: 1) пластиной; 2) призмой; 3) пальцем.

30. Для деталей, имеющих внутреннюю цилиндрическую или коническую поверхность, в качестве установочных элементов применяют:

Ответ: 1) оправки; 2) насадки; 3) борштанги.

31. Центровальные оправки имеют:

Ответ: 1) центровочные пальцы; 2) центровочные гнёзда; 3) центровочные штыри.

32. Дополнительные, вспомогательные опоры применяют для:

Ответ: 1) повышения точности базирования; 2) ориентирования заготовок в пространстве; 3) предотвращения деформаций заготовок.

33. Механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов называют:

Ответ: 1) зажимными; 2) базирующими; 3) направляющими.

34. По числу точек приложения сил зажима механизмы делят на:

Ответ: 1) единичные; 2) многократные; 3) точечные.

35. Зажимные винты и гайки изготавливают из стали марки 35 и 45 с твёрдостью:

Ответ: 1) HRC 40...45; 2) HRC 51...56; 3) HRC 30...35.

36. Применение в зажимном механизме клина обеспечивает:

Ответ: 1) увеличение исходной силы привода; 2) уменьшение исходной силы привода; 3) сохранение исходной силы привода.

37. Самыми быстродействующими из всех ручных зажимных механизмов являются:

Ответ: 1) винтовые зажимы; 2) эксцентриковые зажимы; 3) клиновые зажимы.

38. Рычажные зажимы в сочетании с различными силовыми источниками используют в виде:

Ответ: 1) трехплечевого рычага; 2) одноплечевого рычага; 3) двухплечевого рычага.

39. В приспособлениях используют следующие разновидности шарнирно-рычажных механизмов:

Ответ: 1) однорычажные; 2) однорычажные двухстороннего действия; 3) двухрычажные двухстороннего действия.

40. Многократные зажимы, передающие силу зажима в одном направлении, называются:

Ответ: 1) параллельного действия; 2) последовательного действия; 3) последовательно-параллельного действия.

41. Разрезные пружинные втулки, которые могут центрировать заготовку по внешней и внутренней поверхностям называют:

Ответ: 1) гидропластовой оправкой; 2) мембранами; 3) цангами.

42. Для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и тому подобные применяют:

Ответ: 1) шаблоны; 2) мембранные механизмы; 3) цанговые механизмы.

43. Наиболее точными из мембран являются:

Ответ: 1) рожковые мембраны; 2) чашечные мембраны; 3) кольцевые мембраны.

44. Для быстрой установки инструмента на размер используются следующие элементы приспособления:

Ответ: 1) шаблоны; 2) установы; 3) кондукторные втулки.

45. Для определения положения и направления осевого инструмента используются следующие элементы приспособления:

Ответ: 1) шаблоны; 2) установы; 3) кондукторные втулки.

46. Для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки используются следующие элементы приспособления:

Ответ: 1) шаблоны; 2) копиры; 3) кондукторные втулки.

47. В обеспечении траектории относительного движения инструмента, необходимой для получения требуемого контура детали заключается назначение:

Ответ: 1) копируемых элементов; 2) шаблонов; 3) установов.

48. Устройства, применяемые в приспособлениях для того, чтобы, не освобождая детали, повернуть её на заданный угол или передвинуть на заданное расстояние называют:

Ответ: 1) транспортными; 2) делительными; 3) кантовательными.

49. По форме гнезд делительные диски разделяют на следующие группы:

Ответ: 1) с выступами; 2) с отверстиями; 3) с пазами.

50. С целью ускорения снятия детали после обработки в приспособлениях предусматривают:

Ответ: 1) выталкиватели; 2) подъемники; 3) съёмники.

### **Тема 3. ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ**

51. Процесс придания заготовке определённого положения в пространстве, относительно выбранной системы координат и ее закрепления называется:

Ответ: 1) установкой; 2) базированием; 3) ориентацией.

52. Отклонение фактически достигнутого положения заготовки от требуемого называется:

Ответ: 1) погрешностью базирования; 2) погрешностью установки; 3) погрешностью установки приспособления на станке.

53. Отклонение фактического положения заготовки, достигнутое при базировании, от требуемого, возникающего при несовмещении измерительной и технологических баз в заготовке называется:

Ответ: 1) погрешностью базирования; 2) погрешностью закрепления; 3) погрешностью установки приспособления на станке.

54. Расстояние между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера представляет собой:

Ответ: 1) погрешность базирования; 2) погрешность закрепления; 3) погрешность установки приспособления на станке.

55. Погрешность базирования возникает из-за:

Ответ: 1) совмещения измерительной и технологической баз; 2) несовмещения измерительной и технологической баз; 3) несовмещения конструкторской и технологической баз.

56. К погрешности базирования добавляется величина проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера в случае:

Ответ: 1) базирования на опорные планки; 2) базирования в охватывающие поверхности; 3) базирования на охватываемые поверхности.

57. При базировании в охватывающие или на охватываемые поверхности смещение обусловлено:

Ответ: 1) зазором между технологической базой и установочным элементом; 2) зазором между измерительной базой и установочным элементом; 3) зазором между конструкторской базой и установочным элементом.

58. Погрешность базирования не возникает при выполнении данных размеров:

Ответ: 1) линейных; 2) диаметральных; 3) угловых.

59. Погрешность базирования не возникает при выполнении данных размеров:

Ответ: 1) линейных; 2) угловых; 3) связывающих поверхности одновременно обрабатываемых одной инструментальной наладкой.

60. Погрешность базирования не возникает при выполнении данных размеров:

Ответ: 1) осевым инструментом; 2) угловых; 3) линейных.

61. Разность наибольшей и наименьшей проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера при приложении к заготовке силы закрепления называется:

Ответ: 1) погрешностью базирования; 2) погрешностью закрепления; 3) погрешностью установки приспособления на станке.

62. Если величина смещения, вызванного приложением к заготовке силы закрепления, постоянно то для партии заготовок погрешность закрепления:

Ответ: 1) равна допуску на обрабатываемый размер; 2) не равна нулю; 3) равна нулю.

63. В результате деформации звеньев цепи, через которые передаётся сила закрепления происходит:

Ответ: 1) смещение измерительной базы заготовки; 2) смещение технологической базы заготовки; 3) смещение конструкторской базы заготовки.

64. Из всего баланса перемещений в цепи, через которые передаётся сила закрепления, наибольшую величину имеют:

Ответ: 1) контактные деформации в постоянных сопряжениях приспособления; 2) перемещения в станке; 3) деформации сжатия заготовки и деталей приспособления.

65. В зависимости от контактных деформаций для стыков заготовка – опора – приспособление смещение выражается:

Ответ: 1) нелинейным законом; 2) линейным законом; 3) логарифмическим законом.

66. Наличие на поверхностях заготовки литейной корки или обезуглероженного слоя

Ответ: 1) не влияет на погрешность закрепления; 2) влияет на погрешность закрепления; 3) уменьшает погрешность закрепления.

67. Погрешность закрепления не влияет на точностные показатели данных размеров:

Ответ: 1) линейных; 2) угловых; 3) выполненных осевым инструментом.

68. Погрешность закрепления не влияет на точностные показатели данных размеров:

Ответ: 1) линейных; 2) угловых; 3) связывающих поверхности одновременно обрабатываемых одной инструментальной наладкой.

69. Погрешность закрепления не влияет на точностные показатели данных размеров:

Ответ: 1) форму обрабатываемых поверхностей; 2) угловых; 3) линейных.

70. Погрешность, определяемая погрешностями при изготовлении и сборке установочных элементов приспособления, износом последних и ошибками установки приспособления на станке называется:

Ответ: 1) погрешностью базирования заготовки; 2) погрешностью положения заготовки; 3) погрешностью закрепления заготовки.

#### **Тема 4. КОНДУКТОРА**

71. Для направления расточных скалок при большом диаметре обработки и высоких скоростях резания применяют:

Ответ: 1) вращающиеся кондукторные втулки; 2) неподвижные кондукторные втулки; 3) неподвижные направляющие втулки.

72. Постоянные кондукторные втулки относятся к:

Ответ: 1) вращающимся кондукторным втулкам; 2) неподвижным кондукторным втулкам; 3) неподвижным направляющим втулкам.

73. Сменные кондукторные втулки относятся к:

Ответ: 1) вращающимся кондукторным втулкам; 2) неподвижным кондукторным втулкам; 3) неподвижным направляющим втулкам.

74. Быстросменные кондукторные втулки относятся к:

Ответ: 1) вращающимся кондукторным втулкам; 2) неподвижным кондукторным втулкам; 3) неподвижным направляющим втулкам.

75. Специальные кондукторные втулки относятся к:

Ответ: 1) вращающимся кондукторным втулкам; 2) неподвижным кондукторным втулкам; 3) неподвижным направляющим втулкам.

76. В приспособлениях крупносерийного и массового производства применяют:

Ответ: 1) сегментные втулки; 2) постоянные втулки; 3) сменные втулки.

77. В приспособлениях крупносерийного и массового производства применяют:

Ответ: 1) сегментные втулки; 2) постоянные втулки; 3) быстросменные втулки.

78. Допуски на диаметр отверстия в кондукторных втулках для прохода свёрл и зенкоров устанавливаются по посадке:

Ответ: 1)  $F8$ ; 2)  $F7$ ; 3)  $F9$ .

79. Допуски на диаметр отверстия в кондукторных втулках для прохода развёрток устанавливаются по посадке:

Ответ: 1)  $G8$ ; 2)  $G7$ ; 3)  $G6$ .

80. Кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25 мм изготавливают из стали У10А, У12А и закалывают до твёрдости:

Ответ: 1) HRC 42...45; 2) HRC 72...75; 3) HRC 62...65.

81. Все втулки с диаметрами отверстий более 25 мм изготавливают из стали 20, цементируются на глубину:

Ответ: 1) 0,8...1,2 мм; 2) 0,6...0,8 мм; 3) 1,2...1,6 мм.

82. Расстояние от нижнего торца втулки до верхней поверхности заготовки выбирают равным:

Ответ: 1)  $1/4...1/2$  диаметра отверстия; 2)  $1/3...1$  диаметра отверстия; 3)  $1...1,5$  диаметра отверстия.

83. Примерный срок службы кондукторных втулок:

Ответ: 1) 8000-10000 просверлённых отверстий; 2) 1200-1600 просверлённых отверстий; 3) 12000-16000 просверлённых отверстий.

84. Средняя величина износа кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10...20 мм на 10 м пути при обработке деталей из серого чугуна средней твёрдости равна:

Ответ: 1) 3...5 мкм; 2) 4...6 мкм; 3) 1...2 мкм.

85. Средняя величина износа кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10...20 мм на 10 м пути при обработке деталей из стали марки 40 равна:

Ответ: 1) 3...5 мкм; 2) 4...6 мкм; 3) 1...2 мкм.

86. Средняя величина износа кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10...20 мм на 10 м пути при обработке деталей из алюминиевых сплавов равна:

Ответ: 1) 3...5 мкм; 2) 4...6 мкм; 3) 1...2 мкм.

87. Гладкую (направляемую) часть у державки инструмента или у самого инструмента предусматривают в случае применения:

Ответ: 1) цангового патрона; 2) кондукторной втулки; 3) направляющей втулки.

88. Точность положения оси просверлённого отверстия зависит от:

Ответ: 1) расстояния торца кондукторной втулки до обрабатываемой поверхности; 2) расстояния торца направляющей втулки до обрабатываемой поверхности; 3) расстояния нижней поверхности кондукторной плиты до обрабатываемой поверхности.

89. Посадочные поверхности кондукторных втулок шлифуют до  $Ra$ :

Ответ: 1) 1,2...0,8 мкм; 2) 0,8...0,1 мкм; 3) 0,2...0,08 мкм.

90. Отверстие под инструмент в кондукторных втулках шлифуют до  $Ra$ :

Ответ: 1) 1,2...0,8 мкм; 2) 0,8...0,1 мкм; 3) 0,2...0,08 мкм.

## Тема 5. ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА

91. Для уменьшения величины зажимного усилия при закреплении заготовки необходимо выбирать такой способ её базирования, при котором:

Ответ: 1) сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных на линии действия этой силы; 2) сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных перпендикулярно линии действия этой силы; 3) сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных противоположно линии действия этой силы.

92. В целях устранения деформации заготовки при закреплении точку приложения зажимного усилия надо выбирать так:

Ответ: 1) чтобы линия его действия совпадала с опорной поверхностью опорного элемента; 2) чтобы линия его действия пересекала опорную поверхность опорного элемента; 3) чтобы линия его действия находилась рядом с опорной поверхностью опорного элемента.

93. Рассредоточение зажимного усилия достигается применением в зажимных устройствах:

Ответ: 1) гидравлического привода; 2) пневматического привода; 3) контактных элементов соответствующей конструкции.

94. Для уменьшения вибраций и деформаций заготовки под действием силы резания следует повышать жёсткость системы «заготовка – приспособление» путём:

Ответ: 1) увеличения числа мест зажатия заготовки; 2) приближения мест зажатия заготовки к обрабатываемым поверхностям; 3) уменьшения числа мест зажатия заготовки.

95. К первой группе относятся зажимные устройства, имеющие в своём составе:

Ответ: 1) ручного силового механизма; 2) силовой механизм и привод; 3) вакуумные и магнитные устройства.

96. Ко второй группе относятся зажимные устройства, имеющие в своём составе:

Ответ: 1) ручного силового механизма; 2) силовой механизм и привод; 3) вакуумные и магнитные устройства.

97. К третьей группе относятся зажимные устройства, имеющие в своём составе:

Ответ: 1) ручного силового механизма; 2) силовой механизм и привод; 3) вакуумные и магнитные устройства.

98. Формулы для расчёта зажимного усилия, обеспечивающего надёжное закрепление заготовки получают на основании решения:

Ответ: 1) уравнений статики; 2) уравнений динамики; 3) уравнений динамического баланса.

99. Если контактный элемент в виде плоскости соприкасается с обработанной поверхностью заготовки коэффициент трения можно принять равным:

Ответ: 1) 0,18...0,3; 2) 0,10...0,15; 3) 0,5...0,8.

100. Если контакт с поверхностью заготовки происходит по линии, коэффициент трения можно принять равным:

Ответ: 1) 0,18...0,3; 2) 0,10...0,15; 3) 0,5...0,8.

101. При контакте необработанной поверхности заготовки с закалённым насечённым элементом, коэффициент трения можно принять равным:

Ответ: 1) 0,18...0,3; 2) 0,10...0,15; 3) 0,5...0,8.

102. Если контактный элемент при закреплении соприкасается с цилиндрической поверхностью заготовки, коэффициент трения можно принять равным:

Ответ: 1) 0,25...0,45; 2) 0,10...0,15; 3) 0,5...0,8.

103. Коэффициент, учитывающий степень удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах, при диапазоне угла отклонений рукоятки  $90^\circ$  принимают равным:

Ответ: 1) 1; 2) 1,2; 3) 1,5.

104. Элементы с точечным контактом используются в:

Ответ: 1) клиновых механизмах; 2) винтовых зажимных устройствах; 3) рычажных механизмах.

105. При зажиме торцевой частью винта величина силы зажима зависит от:

Ответ: 1) диаметра винта; 2) формы торца винта; 3) формы поверхности, на которую опирается винт.

106. Основными элементами эксцентриковых зажимных устройств являются:

Ответ: 1) кривошипные механизмы; 2) цилиндрические или криволинейные кулачки; 3) кулачковые валики.

107. Сила прикладываемая к рукоятке эксцентриковых зажимных устройств не должна превышать:

Ответ: 1) 160 Н; 2) 100 Н; 3) 120 Н.

108. Данные зажимы применяют для увеличения сил закрепления, изменения величины хода зажимающего элемента, изменения направления сил зажима, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления:

Ответ: 1) клиновые; 2) комбинированные; 3) винтовые.

109. Рычаги прихватов для удобства установки заготовок выполняют:

Ответ: 1) передвижными; 2) комбинированными; 3) съемными.

110. Рычаги прихватов для удобства установки заготовок выполняют:

Ответ: 1) съемными; 2) комбинированными; 3) откидными.

## **Тема 6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

111. Конструктор, получив задание на разработку приспособления для обработки деталей на станке, проводит элементы следующей работы:

Ответ: 1) изучает рабочие чертежи заготовки и готовой детали с техническими условиями; 2) изучает принципиальную схему конструкции приспособления; 3) изучает экономические показатели приспособления.

112. В качестве исходных данных для проектирования конструктор должен иметь:

Ответ: 1) чертежи заготовки и детали; 2) маршрутную карту обработки детали; 3) операционный чертёж на предшествующую и выполняемую операцию.

113. На первом этапе проектирования приспособления производится:

Ответ: 1) ознакомление с чертежами детали и заготовки, которая подлежит обработке; 2) ознакомление со служебном назначении детали и заготовки, которая подлежит обработке; 3) анализ вида заготовки и марки материала.

114. На третьем этапе проектирования приспособления производится:

Ответ: 1) выбор технологических баз; 2) выбор конструкторских баз; 3) выбор вида заготовки и марка материала.

115. На пятом этапе проектирования приспособления производится:

Ответ: 1) выбор технологических баз; 2) выбор привода зажимного устройства; 3) выбор вида заготовки и марка материала.

116. На восьмом этапе проектирования приспособления производится:

Ответ: 1) выбор привода зажимного устройства; 2) выбор корпуса приспособления; 3) выбор корпуса приспособления.

117. На десятом этапе проектирования приспособления производятся:

Ответ: 1) проверочные расчёты приспособления на усилие зажима, точности, прочности деталей и узлов; 2) проверочные расчёты приспособления на энергоёмкость; 3) проверочные расчёты приспособления на экономичность внедрения.

118. При обработке заготовок в приспособлениях на настроенных станках можно выделить следующие основные независимые составляющие погрешности:

Ответ: 1) погрешность станка в ненагруженном состоянии, вызываемая погрешностями изготовления и сборки его деталей, узлов и их износом; 2) погрешность станка в нагруженном состоянии, вызываемая погрешностями изготовления и сборки его деталей, узлов и их износом; 3) погрешность расположения опорных поверхностей относительно посадочных поверхностей приспособления.

119. Расчёт заданной точности обработки осуществляется:

Ответ: 1) на стадии проектирования приспособления; 2) на стадии внедрения приспособления; 3) на стадии наладки приспособления.

120. На стадии проектирования приспособления составляющие погрешности, следует отнести к разряду:

Ответ: 1) систематических; 2) случайных; 3) инструментальных.

121. Совокупность точно и чисто обработанных поверхностей станка называется:

Ответ: 1) местом оснастки; 2) привалочным местом; 3) посадочным местом.

122. Для установки приспособлений на токарных станках на практике используются следующее количество способов:

Ответ: 1) четыре; 2) три; 3) пять.

123. При такой установке приспособления на токарный станок на корпусе приспособления должна быть выполнена посадочная поверхность в виде хвостовика с конусом Морзе:

Ответ: 1) установка на шпиндель; 2) установка в отверстие шпинделя; 3) установка в центрах.

124. Посадочным местом для установки приспособления на фрезерном станке является:

Ответ: 1) его шпиндельная головка; 2) его шпиндель; 3) его стол.

125. Ориентация приспособлений на столе с помощью шпонок по *T*-образным пазам осуществляется, кроме фрезерных, также на:

Ответ: 1) плоскошлифовальных станках; 2) строгальных станках; 3) токарных станках.

126. На третьем шаге разработки технического проекта выполняются следующие действия:

Ответ: 1) выбирается конструкция опорных элементов; 2) выбирается способ установки приспособления на станке; 3) выбираются базы и способы базирования заготовки.

127. На восьмом шаге разработки технического проекта выполняются следующие действия:

Ответ: 1) выбираются направляющие элементы для инструмента; 2) выбирается способ установки приспособления на станке; 3) выбираются базы и способы базирования заготовки.

128. На первом шаге оформления сборочного чертежа выполняются следующие действия:

Ответ: 1) выбираются и проставляются основные размеры; 2) следует проставить позиции и составить спецификацию; 3) составляются технические условия.

129. На втором шаге оформления сборочного чертежа выполняются следующие действия:

Ответ: 1) выбираются и проставляются основные размеры; 2) следует проставить позиции и составить спецификацию; 3) составляются технические условия.

130. На втором шаге оформления сборочного чертежа выполняются следующие действия:

Ответ: 1) выбираются и проставляются основные размеры; 2) следует проставить позиции и составить спецификацию; 3) составляются технические условия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологическая оснастка: учебное пособие / В.Н. Матвеев, А.П. Абызов, Н.А. Чемборисов. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. - 232 с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с., ил.
3. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. 7 – е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.

Гриценко Вячеслав Владимирович

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебное пособие для студентов направления  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
всех форм обучения

Подписано в печать 28.12.19. Формат 84×108/16.  
Усл. печ. л. 4,56. Тираж 50 экз. Заказ 191711. Рег. № 29.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института  
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.