



**С.А. БЕРБЕРОВ**  
**М.А. ТАМАРКИН**  
**Г.А. ПРОКОПЕЦ**  
**В.А. ЛЕБЕДЕВ**

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Электронно-  
Библиотечная  
Система  
**znanium.com**

Москва  
ИНФРА-М  
2021

**УДК 621**  
**ББК**

**Б48**

Авторы:

*Сергей Авдеевич Берберов*, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»;

*Михаил Аркадьевич Тамаркин*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»;

*Галина Анатольевна Прокопец*, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»;

*Валерий Александрович Лебедев*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»

Рецензенты:

*А.И. Козлов*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет»;

*А.Н. Исаев*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструмент» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»

**Берберов С.А.**

Б48

Технологическая оснастка : учебное пособие / С.А. Берберов, М.А. Тамаркин, Г.А. Прокопец, В.А. Лебедев. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 270 с. — (Среднее профессиональное образование). — DOI 10.12737/1037188.

ISBN 978-5-16-015485-5 (print)

ISBN 978-5-16-106540-2 (online)

Представлены общие сведения о приспособлениях, их классификации и структуре; теоретические основы базирования с учетом специфики выбора схем базирования при выборе технологических баз; конструкции основных элементов станочных приспособлений, методика их точностных и силовых расчетов; особенности конструкции приспособлений для различных технологических систем механической обработки, в том числе с ЧПУ; особенности контрольно-измерительных приспособлений; отдельные вопросы механизации, автоматизации, унификации и стандартизации приспособлений; методика проектирования специальных приспособлений. Особое внимание уделено учебно-методическому обеспечению практической подготовки специалистов.

Соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов среднего профессионального образования последнего поколения.

Учебное пособие предназначено для студентов среднего профессионального образования обучающихся по специальности 15.02.08 «Технология машиностроения».

УДК 621  
ББК

ISBN 978-5-16-015485-5 (print)  
ISBN 978-5-16-106540-2 (online)

© С.А. Берберов, М.А. Тамаркин,  
Г.А. Прокопец, В.А. Лебедев,  
2021

## Список сокращений

**АБП** — агрегатированные быстроперенастраиваемые приспособления

**ИГ** — измерительная головка

**КИП** — контрольно-измерительные приспособления

**КРБ** — конструкторская размерная база

**РЦ** — размерная цепь

**СБП** — специализированные безналадочные приспособления

**СЕ** — сборочная единица

**СМЗСП** — средства механизации зажима станочных приспособлений

**СНП** — специализированные наладочные приспособления

**СОТС** — смазочно-охлаждающая технологическая среда

**СП** — специальные приспособления

**СРП** — сборно-разборные приспособления

**СТО** — средства технологического оснащения

**ТБ** — технологическая база

**ТЗ** — техническое задание

**ТПП** — технологическая подготовка производства

**ТС** — технологическая система

**УБП** — универсально-безналадочные приспособления

**УНП** — универсально-наладочные приспособления

**УП** — универсальные приспособления

**УП** — универсальные приспособления

**УСП** — универсально-сборные приспособления

**НСП** — неразборные специальные приспособления

**УЭ** — установочные элементы

**ЧПУ** — числовое программное управление

## Введение

Технологическая оснастка — средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса — технологической операции. Под оптимальной технологической оснащенностью понимается такая оснащенность, при которой достигается максимальная эффективность производства изделия при обязательном получении требуемого количества продукции заданного качества за установленный промежуток времени с учетом комплекса условий, связанных с технологическими и организационными возможностями производственных фондов и рабочей силы.

Станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления деталей при механообработке, составляют наиболее значительную долю (в зависимости от специфики производства — 50–90%) технологической оснастки в машиностроительном производстве. Достаточно частая смена объектов производства требует создания прогрессивных методов разработки конструкций и систем приспособлений, рациональных и надежных методов их расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих неуклонное сокращение сроков технологической подготовки производства. Ряд принципиально новых требований, предъявляемых к приспособлениям, определен широким распространением весьма разнообразного парка станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Учебное пособие предназначено для обеспечения учебной дисциплины «Технологическая оснастка», которая является неотъемлемой частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.08 «Технология машиностроения». При определении структуры и содержания учебного пособия в качестве базовых приняты рабочие программы Авиационного колледжа Донского государственного технического университета, утвержденная в 2017 г., колледжа Политехнического института (филиал Донского государственного технического университета в г. Таганроге) и программа среднего профессионального образования Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А. В соответствии с ФГОС 15.02.08 данное издание призвано обеспечивать формирование в определенной степени ряда компетенций, предусмотренных ФГОС. При этом должны быть сформированы соответ-

ствующие знания, умения и владения, в том числе после изучения дисциплины студент должен:

***знать***

- назначение и область использования технологической оснастки;
- основные требования к технологическому оснащению станочных операций и операций технического контроля;
- обобщенную структуру технологической оснастки;
- методику проектирования станочных и контрольных приспособлений;
- принципы выбора технологических баз на основе теории базирования;
- методику расчета исполнительных размеров привода;
- методику разработки компоновки приспособления и построения сборочного чертежа приспособления;
- особенности технологической оснастки для станков с ЧПУ;
- основные направления механизации и автоматизации технологической оснастки;

***уметь***

- продемонстрировать возможности применения технологической оснастки в современном производстве как фактор повышения качества изготавливаемой продукции и снижения ее себестоимости;
- выбрать систему приспособления;
- выбрать технологические базы с учетом принципа совмещения баз;
- произвести расчет приспособления на точность;
- рассчитать требуемую силу закрепления заготовки в приспособлении и исполнительные размеры привода;
- разработать компоновку приспособления и выполнить сборочный чертеж приспособления;

***владеть***

- навыками работы с нормативной и справочной технической документацией (ГОСТами, ОСТами, РД и др.), необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач проектирования технологической оснастки;
- навыками выбора типовых компоновок приспособлений;
- опытом проведения анализа конструкции приспособления на точность получаемого или контролируемого размера;
- опытом построения теоретической схемы базирования при выборе технологических баз;

- навыком выбора необходимых установочных элементов и элементов для направления и определения положения инструмента, расчета необходимого усилия закрепления деталей, выбора и его обоснования для силовых приводов оснастки и др.

Основными дидактическими задачами, решаемыми в данном учебнике, являются следующие:

- обеспечение усвоения понятий теории базирования; методики проектирования станочных приспособлений; алгоритмов точностных расчетов и т.п.;
- формирование умений применения теоретических положений при чтении чертежа приспособления с определением его функциональных и точностных характеристик, а также при проектировании несложных станочных приспособлений;
- формирование информационного массива, необходимого для оптимизации конструкторских работ при проектировании приспособления, в том числе с использованием унификации и стандартизации и др.

Для формирования вышеуказанных компетенций в процессе изучения курса в учебном пособии в структурно-логической, методологической последовательности излагаются:

- общие сведения о приспособлениях, их классификации и структуре;
- теоретические основы базирования с учетом специфики выбора схем базирования при выборе технологических баз;
- информация о конструкции основных элементов станочных приспособлений, методике их точностных и силовых расчетов;
- особенности конструкции приспособлений для различных технологических систем механической обработки, в том числе с ЧПУ;
- отдельные вопросы механизации, автоматизации, унификации и стандартизации приспособлений;
- методика проектирования специальных приспособлений.

Особое место в пособии уделено контрольно-измерительным приспособлениям. Каждая глава заканчивается списком вопросов для самоконтроля. Завершает учебное пособие учебно-методический практикум по дисциплине «Технологическая оснастка».

Для мотивации и повышения интереса к изучению дисциплины перед изложением материала необходимо указать, что приобретаемые в процессе изучения дисциплины знания понадобятся при выполнении дипломного проекта, а также в процессе выполнения выпускником своих профессиональных обязанностей в дальнейшей трудовой деятельности.

# Глава 1

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

*В данной главе рассмотрены понятия технологической оснастки и приспособления, их назначение и влияние конструкции на трудоемкость технологической операции, приведена классификация приспособлений по трем классификационным признакам. Глава обеспечивает адекватное и осознанное формирование компетенций, а также содержит мотивационные элементы для углубленного изучения материала дисциплины.*

К технологической оснастке в машиностроении относят все средства технологического оснащения, которые дополняют технологическое оборудование для выполнения технологической операции. К ним относят приспособления, рабочие, контрольные и вспомогательные инструменты.

Приспособлением называют вспомогательное устройство для выполнения станочных, сборочных и контрольных операций, а также для захвата, перемещения, изменения положения деталей и узлов. Приспособления, как часть технологической оснастки, применяют на технологических операциях для решения определенных задач. Содержание задач зависит от содержания и структуры технологических операций, для которых проектируются приспособления, условий и типа производства, технологического оборудования, на котором будет эксплуатироваться приспособления, от организационно-экономических и технических ограничений и др. Причем обычно использованием станочных приспособлений для металлорежущих станков, а также контрольных приспособлений, как правило, решаются сразу несколько технологических задач.

1. Повышение точности обработки (контроля).
2. Повышение производительности обработки и снижение технологической себестоимости изготовления (контроля) изделия.
3. Расширение технологических возможностей оборудования.
4. Автоматизация производственного процесса.
5. Повышение безопасности работы исполнителя.
6. Облегчение нормирования труда и др.

Кратко рассмотрим сущность некоторых из этих задач.

### 1.1. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Конструкции изделий все время усложняются, растут требования к точности формы, размеров поверхностей и их взаимного

расположения, к шероховатости. При этом, учитывая преобладание в настоящее время серийного производства, оборудование на производстве используется в основном универсальное, в том числе станки с ЧПУ. Соответственно, обеспечение точностных параметров без применения специальной оснастки усложняется. Например, при установке заготовок на станках без выверки применение приспособлений устраняет выверку обрабатываемой детали на станке, выполняемую, как правило, при помощи универсальных измерительных средств (контрольных инструментов, приспособлений) и вспомогательного оборудования. В этом случае обеспечивается возможность автоматического получения точности размеров, что повышает точность обработки за счет устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой. Другой пример: использование цангового патрона по сравнению с трехкулачковым позволяет повысить точность формы обработанных наружных и внутренних цилиндрических поверхностей нежестких тонкостенных деталей типа втулки, что объясняется равномерным распределением давления на заготовку со стороны зажимных элементов патрона и соответственно меньшей деформацией. Однако при решении любой задачи необходимо учитывать наличие технико-экономических ограничений.

## **1.2. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ И СНИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ (КОНТРОЛЯ) ИЗДЕЛИЯ**

Трудоемкость (производительность) технологического процесса в равной мере зависит от производительности оборудования и от конструкции приспособления. Повысить производительность труда — значит, сократить норму штучного времени на операцию. Норму штучно-калькуляционного времени  $t_{шт.к}$  определяют по формуле

$$t_{шт.к} = t_o + t_b + t_{тех.об} + t_{орг.об} + t_{пер} + \frac{t_{п.з}}{n}. \quad (1.1)$$

где  $t_o$  — основное время технологической операции;  $t_b$  — вспомогательное время;  $t_{тех.об}$  — время технического обслуживания рабочего места;  $t_{орг.об}$  — время организационного обслуживания;  $t_{пер}$  — время регламентированных перерывов и на личные потребности;  $t_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время.



Основное время технологической операции  $t_o$  можно сократить несколькими способами:

- увеличением числа одновременно работающих инструментов (при одновременной работе нескольких инструментов количество переходов в операции уменьшается, и время на обработку детали резко сокращается), для этого проектируют многшпиндельные сверлильные и фрезерные головки, многорезцовые державки для револьверных станков на несколько инструментов и др.;
- одновременной обработкой нескольких деталей, для этого проектируются многоместные приспособления или приспособления для установки деталей пакетами;
- интенсификацией режимов резания. Проектирование приспособлений, повышающих жесткость технологической системы, позволяет повысить режимы резания и, например, применить многоинструментную обработку.

Вспомогательное время  $t_v$  можно сократить, уменьшив время на установку и закрепление деталей или совместив вспомогательное и основное время. При использовании приспособлений рабочий может не проверять положение деталей при установке, например, при установке заготовок на станках без выверки применение приспособлений избавляет от необходимости выполнения дорогостоящей и трудоемкой операции разметки, выверки обрабатываемой детали на станке. Для сокращения времени закрепления детали конструкторы проектируют быстросъемные ручные, механизированные, автоматизированные и многократные зажимные устройства, поворотные приспособления, автоматические загрузочные устройства, выталкиватели и др. Проектируя поворотные многопозиционные, многоместные или непрерывно действующие приспособления, учитывают, что установка и снятие, закрепление и открепление деталей будут выполнять во время работы станка, таким образом, время, затрачиваемое на эти приемы, совмещается с основным временем (перекрываемое время).

Оперативное время ( $t_{оп} = t_o + t_v$ ) можно уменьшить, применив приспособления, повышающие степень концентрации операций механической обработки. Приспособления расширяют возможности интенсификации технологических процессов, используя параллельные и параллельно-последовательные схемы обработки поверхностей.

Время технического обслуживания рабочего места  $t_{тех.об}$  сокращают, используя быстросменные патроны, многорезцовые державки в которых наладка осуществляется вне станка на специ-

альных приспособлениях, шаблоны для установки инструментов на размер и др.

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

Время регламентированных перерывов  $t_{\text{пер}}$  сокращается за счет применения приспособлений, облегчающих труд рабочих, снижающих его монотонность и физическую нагруженность.

Подготовительно-заключительное время  $t_{\text{п.з}}$  уменьшается за счет тех же мероприятий, что  $t_{\text{тех.об}}$ , а также создания приспособлений, обеспечивающих точную и быструю установку их на станке без выверки, допускающих быструю переналадку приспособлений на обработку разных деталей и т.п.

Технологическая себестоимость изделия напрямую зависит от трудоемкости изготовления изделия, и уменьшение трудоемкости является одним из путей ее снижения.

### **1.3. РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ**

Предприятия серийного производства оснащены в основном универсальными металлорежущими станками. Каждый станок предназначен для выполнения какой-то определенной работы с заданной точностью. Для таких станков могут применяться специальные приспособления, расширяющие технологические возможности оборудования. С их помощью на станке выполняют работу, для осуществления которой необходим станок совершенно иного типа. Например, с использованием специальных приспособлений обработку шлифованием, протягиванием и фрезерованием можно производить на токарном станке, растачивание и долбление — на фрезерном, обработку точных отверстий — на сверлильном и др.

Приспособления, расширяющие технологические возможности оборудования, позволяют осуществить:

- крепление инструментов, редко используемых при работе на станке;
- дополнительные взаимные перемещения инструмента и обрабатываемой детали;
- крепление инструментов и обрабатываемых деталей на не предназначенных для этой цели поверхностях станка;
- точное направление инструмента и др.

Под расширением технологических возможностей оборудования также понимают то, что, применяя соответствующее приспособление, можно получить большую точность размера обработки, чем способно обеспечить оборудование без его использования. Например, на изношенном станке получить точность размера обработки, которая будет определяться точностью не станка, а приспособления.

#### **1.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА**

При осуществлении автоматизации производственного процесса приспособлениями оснащается оборудование, способное работать в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Применение автоматизированных приспособлений и приспособлений для автоматизации процесса решает, как правило, комплексную задачу:

- существенно повысить качество продукции за счет исключения влияния человеческого фактора на поточных производствах, требующих высокой точности;
- обеспечить устранение ошибок и нарушений технологических режимов, неизбежных при ручном труде;
- обеспечить освобождение человека от малоквалифицированного и монотонного труда, трудоемких и тяжелых операций;
- улучшить условия труда;
- исключить воздействие вредных факторов на персонал на производствах с повышенной опасностью;
- снизить расходы на заработную плату;
- сократить площади и численность обслуживающего персонала и др.

Классификация разновидностей технологической оснастки изложена в ГОСТ 31.0000.01–90. На ее основании были разработаны адаптированные к механосборочному производству классификации приспособлений по нескольким признакам.

I. По целевому назначению приспособления, применяемые в механосборочном производстве, подразделяют на пять групп.

1. Станочные приспособления. Эти приспособления используют для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках. В зависимости от вида механической обработки различают сверлильные, токарные, фрезерные, расточные, шлифовальные и другие станочные приспособления. Они являются самой многочисленной группой и составляют 70–80% общего числа приспособлений.

2. Приспособления для крепления рабочих инструментов — характеризуются большим числом нормализованных конструкций, что объясняется нормализацией и стандартизацией самих рабочих инструментов. Приспособления для крепления инструмента часто называют вспомогательным инструментом.

3. Сборочные приспособления — используют для соединения сопрягаемых деталей и сборочных единиц (в том числе и перед их совместной обработкой), крепления базовых деталей (сборочных единиц) собираемого изделия, предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор и т.д.), выполнения сборочных операций, требующих приложения больших сил (клепка, вальцовка, напрессовка и т.д.) и др.

4. Контрольные приспособления — применяют для контроля заготовок, промежуточного и окончательного контроля обрабатываемых деталей, активного контроля в процессе обработки, а также для проверки собранных элементов и машин. Контрольные приспособления могут быть частью адаптивной системы управления технологической системой.

5. Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обрабатываемых заготовок, они применяются в основном в крупносерийном и массовом производстве. В серийном производстве — это схваты роботов, кантователи, паллеты.

Приспособления первой и второй групп, а также та часть четвертой группы, которая служит для активного контроля и адаптивного управления технологическим процессом, являются составными частями технологической системы. В отдельную систему можно выделить средства механизации зажима станочных приспособлений (СМЗСП).

II. По степени специализации приспособления различают универсальные (универсально-наладочные приспособления (УНП), универсально-безналадочные приспособления (УБП), универсальные приспособления (УП)), специализированные приспособления (специализированные наладочные приспособления (СНП), специализированные безналадочные приспособления (СБП)), специальные приспособления (универсально-сборные приспособления (УСП), сборно-разборные приспособления (СРП), специальные приспособления (СП)).

1. УП используют для расширения технологических возможностей станков или для обслуживания приспособлений. К ним относятся: универсальные, поворотные, делительные столы, головки, универсальные приводы, устройства для механизации зажима в приспособлениях и т.п.

2. Универсально-безналадочные приспособления (УБП) применяют для закрепления заготовок широкой номенклатуры и различной конфигурации. К ним относятся: универсальные патроны с неразъемными кулачками, универсальные фрезерные и слесарные тиски.

3. УНП используют для закрепления заготовок различной конфигурации. К ним относятся: универсальные патроны со сменными кулачками, универсальные тиски со сменными губками, скальчатые кондукторы и т.п.

4. СБП предназначены для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, с одинаковыми базовыми поверхностями, требующих одинаковой обработки. При осуществлении однотипных операций необходимо регулировать элементы. К ним относятся: приспособления для групповой обработки деталей типа валиков, втулок, фланцев, дисков, кронштейнов, корпусных деталей и т.п.

5. СНП используют для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, объединенных общностью базовых поверхностей и характером обработки и требующих для выполнения однотипных операций замены специальной наладки. Приспособления СНП аналогичны СБП, но возможности их шире.

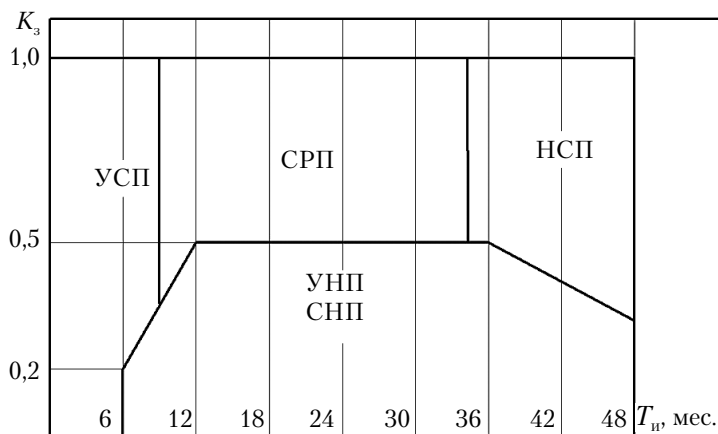
6. УСП применяют для закрепления заготовок широкой номенклатуры при выполнении различных операций. Но для каждой операции собирают специальное приспособление из заранее изготовленных стандартных деталей, которое после использования разбирают и многократно применяют в последующих компоновках.

7. СРП предназначены для базирования и закрепления заготовок корпусных и плоскостных деталей при их обработке на многоцелевых станках с ЧПУ в условиях серийного производства, которые komponуются методом агрегатирования из стандартных деталей и сборочных единиц (число сборочных единиц преобладает над количеством деталей) различных конструкций, имеющих конкретное функциональное назначение и обладающих ограниченной обратимостью. СРП перенастраиваются посредством замены сменных наладок, перекомпоновки, регулирования положения базизирующихся и зажимных элементов. Компоновки СРП собираются элементов, фиксируемых относительно друг друга системой палец–отверстие, для чего в базовых деталях имеются сетки точных координатно-фиксирующих отверстий.

8. СП используют для выполнения определенной операции при обработке конкретной детали, они являются одноцелевыми.

При смене объекта производства такие приспособления, как правило, приходится списывать независимо от степени их физического износа. Изготовление данных приспособлений трудоемко и дорого, и их выпускают на единичном производстве, а применяют главным образом в крупносерийном и массовом производствах.

Система СМЗСП включает комплекс универсальных силовых устройств, выполненных в виде обособленных агрегатов и позволяющих в сочетании с другими приспособлениями механизировать и автоматизировать процесс закрепления заготовок. Она предназначена для использования в условиях любого производства.



**Рис. 1.1.** Зоны рентабельности применения станочных приспособлений различных систем по С.Ф. Соболеву:

$K_z$  — коэффициент загрузки приспособления на планируемый период;  
 $T_n$  — период производства изделий (в месяцах)

III. В зависимости от уровня автоматизации и механизации технологической оснастки различают следующие виды приспособлений.

1. Ручные: установка и закрепление заготовок осуществляется мускульной силой рабочего.

2. Механизированные: установка заготовки выполняется рабочим, а закрепление осуществляется при помощи гидравлических или пневматических силовых устройств (гидропривод, пневмопривод).

3. Автоматизированные: установка заготовки и ее закрепление осуществляется в автоматическом режиме при помощи различных роботов-манипуляторов или других устройств без участия человека.

Все детали и сборочные единицы (СЕ) приспособлений выполняют определенную функцию. По функциональному назначению элементы приспособлений подразделяют следующим образом:

- установочные;
- зажимные;
- силовые приводы;
- элементы для определения положения и направления инструментов;
- корпуса;
- вспомогательные механизмы (делительные, фиксирующие и т.д.);
- вспомогательные и крепежные детали (рукоятки, сухари, шпонки и т.п.).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что называется технологической оснасткой?
2. Каково назначение технологической оснастки в машиностроении?
3. Приведите примеры приспособлений для механической обработки.
4. Какое влияние приспособления оказывают на производительность труда?
5. Поясните, каким образом технологическая оснастка оказывает влияние на элементы штучного времени на операцию.
6. Приведите классификацию приспособлений по целевому назначению.
7. Приведите классификацию приспособлений по степени специализации.
8. Чем отличается универсально-сборные приспособления от сборно-разборных приспособлений?
9. Что представляют собой зоны рентабельности применения станочных приспособлений?
10. Что включает система СМЗСП?
11. Приведите классификацию приспособлений по уровню механизации и автоматизации.

## Глава 2

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

*В данной главе рассмотрены основные понятия и положения теории базирования, основные схемы базирования и способы установки заготовок в приспособлениях для обработки на металлорежущих станках и в контрольных приспособлениях.*

При изготовлении изделия технологу приходится задавать и достигать с определенной точностью взаимное расположение, например, соединяемых деталей при сборке, определять положение заготовок в технологических системах относительно инструментов и т.д. При контроле готовых деталей возникает необходимость определять взаимное расположение измерительного устройства и объекта измерения. Все это входит в задачи базирования. Согласно ГОСТ 21495–76 базированием называется придание изделию или заготовке требуемого положения относительно выбранной системы координат.

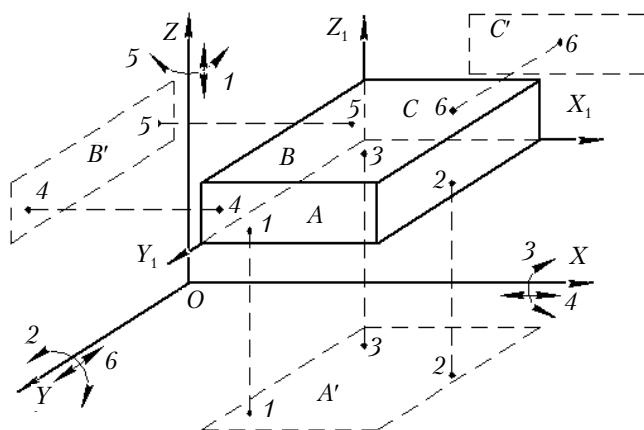
Требуемое положение твердого тела относительно выбранной системы координат достигается наложением геометрических или кинематических связей. Связями в теоретической механике называют условия, которые налагают ограничения только на положение тела (геометрическая связь) или на положение тела и на скорость движения точек тела (кинематическая связь).

Независимые перемещения, которые может иметь тело, называют степенями свободы. Абсолютно твердое тело в пространстве имеет шесть степеней свободы (для трехмерного декартова пространства это три перемещения вдоль осей координат и три — вращения относительно этих же осей координат (рис. 2.1)). Для придания телу определенного положения и состояния покоя относительно выбранной системы координат его надо лишить всех шести степеней свободы, наложив на него шесть двухсторонних геометрических связей. В механике эта теорема известна под названием «Правило шести точек».

При механической обработке заготовок на станках базированием принято считать придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траектории взаимного перемещения заготовки и обрабатывающего инструмента. Для выполнения технологической операции требуется не только осуще-



ставить базирование обрабатываемой заготовки, но также обеспечить ее неподвижность относительно приспособления на весь период обработки, гарантирующую сохранение неизменного положения заготовки и нормальное протекание процесса обработки. В связи с этим при установке заготовок в приспособлениях решаются две задачи: определение положения заготовки в технологической системе, обеспечиваемое базированием, и обеспечение неизменности положения заготовки достигнутого при базировании, достигаемое закреплением заготовок. По своей физической сути эти две задачи различны. Однако и первую, и вторую задачу решают путем наложения определенных ограничений (связей) на возможные перемещения заготовки в пространстве, но связи имеют различный характер: при базировании — позиционные (геометрические), а при закреплении — динамические.



**Рис. 2.1.** Схема позиционирования призматической детали в системе координат  $XYZ$ : номера опорных точек и приложенных к ним координатных связей соответствуют номерам лишаемых степеней свободы (перемещений), показанных стрелками около координатных осей

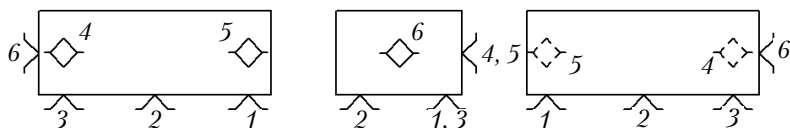
В качестве примера рассмотрим схему определения положения призматического тела относительно выбранной системы координат  $HOYZ$  (см. рис. 2.1). Для определения положения призматического тела в пространстве необходимо связать три точки (1, 2, 3), принадлежащие его нижней плоскости «А», не лежащие на одной прямой, двусторонними позиционными связями с плоскостью  $HOY$  прямоугольной системы координат. При этом двусторонние связи, символизируемые координатами 1, 2 и 3, могут быть представлены в виде недеформируемых стержней, жестко связанных с нижней плоскостью тела, сохраняющих, однако, способность скользить по плос-

кости  $XOY$  вдоль осей  $OX$  и  $OY$ , не отрываясь от нее. В результате этого призматическое тело лишается трех степеней свободы, т.е., в частности, оно теряет возможность поступательного движения вдоль оси  $OZ$  (точка 1) и вращательных движений вокруг осей  $OX$  (точка 3) и  $OY$  (точка 2). Для лишения тела еще двух степеней свободы, т.е. лишения возможности его перемещения вдоль оси  $OX$  и поворота вокруг оси  $OZ$ , необходимо соединить его боковую поверхность «В» двумя двусторонними связями (координатами 4, 5) с плоскостью  $YOZ$ . Для полной ориентировки тела в пространстве необходимо лишить его шестой степени свободы, т.е. возможности перемещения вдоль оси  $OY$ ; для этого следует соединить поверхность «С» одной двусторонней связью 6 с плоскостью  $XOZ$ . Таким образом, в точках 1–6, расположенных на плоскостях детали, к ней приложены координатные связи, лишаящие деталь всех шести возможных перемещений. Такие точки принято называть опорными. По ГОСТ 21495–76 «Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения» опорная точка — «точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат». При этом обеспечивается определенность положения заготовки в соответствующем координатном направлении.

Схему расположения опорных точек на детали (или заготовке) называют схемой базирования. Опорные точки на схемах базирования обозначают специальными значками, как показано на рис. 2.2. На этом рисунке приведена схема базирования, соответствующая схеме позиционирования, представленной на рис. 2.1. Опорные точки располагают на базах детали. База — поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, линия, точка, принадлежащие изделию (детали, заготовке, изделию) и используемые для определения положения изделия в выбранной системе координат. На рис. 2.1 и 2.2 комплект баз призматической детали представляет собой сочетание ее реальных поверхностей  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Эскиз детали (заготовки) с указанием расположения опорных точек называется теоретической схемой базирования.

На базах детали всегда можно построить жестко связанную с ней систему координат, которую принято называть собственной системой координат базируемой детали (см. рис. 2.1 — система координат  $X_1OY_1Z_1$ ), что позволяет рассматривать базирование детали как определение положения ее собственной системы координат относительно выбранной. В этом случае координатные связи 1–6 выступают как связи между соответствующими координатными плоскостями. В технике этот подход позволяет сформулировать в каждом конкретном случае требования к относительному поло-

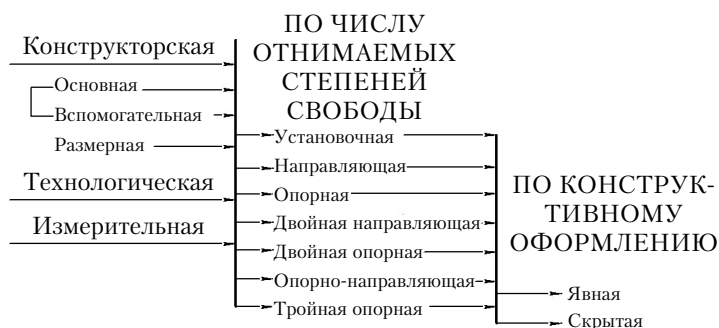
жению баз, входящих в состав комплекта, исходя из требований к относительному положению координатных плоскостей (их взаимной перпендикулярности). Теоретическая схема базирования в приспособлении реализуется соответствующим выбором установочных элементов. Под установочными элементами приспособлений будем понимать детали и механизмы приспособления, которые обеспечивают заданное теоретической схемой базирования и однозначное положение обрабатываемых заготовок относительно исполнительных поверхностей инструмента.



**Рис. 2.2.** Теоретическая схема базирования призматической детали (в соответствии с рис. 2.1)

Несмотря на разнообразие задач по базированию, при разработке их классификации ограничились всего тремя классификационными признаками. Базы классифицируют по назначению, по числу отнимаемых степеней свободы и по конструктивному оформлению (рис. 2.3).

#### ПО НАЗНАЧЕНИЮ



**Рис. 2.3.** Классификация баз по трем классификационным признакам

Поскольку базирование используется на всех стадиях создания машины при конструировании, изготовлении и измерении, базы классифицируют прежде всего по назначению. По этому признаку различают три вида баз: конструкторские, технологические, измерительные. Конструкторской называют базу, используемую

для определения положения детали (сборочной единицы) в изделии или положения отдельной поверхности на детали. Конструкторские базы могут быть трех разновидностей: основная, вспомогательная, размерная. Основной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали (сборочной единице) и используемую для определения ее положения в СЕ. Вспомогательной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали (сборочной единице) и используемую для определений положения присоединяемого к ней изделия. Размерной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали и используемую для определения положения других ее поверхностей или элементов относительно выбранной поверхности. Технологической называют базу, используемую для определения положения заготовки, детали или сборочной единицы в процессе их изготовления или ремонта. Очевидно, что все поверхности (или другие элементы), составляющие технологическую базу, принадлежат базируемой заготовке, детали, сборочной единице. Измерительной называют базу, используемую для определения относительного положения заготовки, детали или сборочной единицы и средств измерения.

Законы базирования являются общими для всех стадий изготовления машины, поэтому независимо от назначения базы классифицируют по числу отнимаемых степеней свободы. Так как лишение каждой из возможных степеней свободы на схемах базирования обеспечивается одной опорной точкой, можно говорить также об отличии баз по числу расположенных на них опорных точек. По этому классификационному признаку различают семь разновидностей баз: установочная; направляющая; опорная; двойная направляющая; двойная опорная; опорно-направляющая; тройная опорная.

Установочной называют базу, лишаящую изделие (заготовку, деталь, сборочную единицу) трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и вращений вокруг двух других осей. Из теоретической механики известно, что твердое тело, установленное на три точки, приобретает тем большую устойчивость и точность положения, чем дальше опорные точки расположены одна от другой. В связи с этим при конструировании детали необходимо создавать, а при изготовлении и измерении использовать в качестве установочной базы поверхность с наибольшими габаритными размерами.

Направляющей называют базу, лишаящую изделие (заготовку, деталь, сборочную единицу) двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и вращения вокруг другой оси. В ка-

честве направляющей базы используют поверхность, имеющую большую протяженность в направлении вышеуказанной координатной оси.

Опорной называют базу, лишающую изделие (заготовку, деталь, сборочную единицу) одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или вращения вокруг координатной оси. Очевидно, что одну опорную точку можно разместить на поверхности любых размеров, поэтому обычно в качестве опорной базы используют поверхность наименьшего габаритного размера (для обеспечения определенности базирования).

Двойной направляющей называют базу (как правило, цилиндрическую поверхность или ее ось), которая лишает изделие (заготовку, деталь, сборочную единицу) четырех степеней свободы, а именно: перемещения вдоль двух координатных осей и вращения вокруг этих же осей. Из ранее рассмотренных требований к направляющей базе вытекает, что при изготовлении нужно использовать в качестве двойной направляющей базы осесимметричную поверхность наибольшей длины. В практике принято считать, что цилиндр может служить двойной направляющей базой при соотношении его длины и диаметра больше единицы (длинный цилиндр).

Двойная направляющая база превращается в двойную опорную, если соотношение длины базы и ее диаметра становится меньше или равно единице.

Опорно-направляющей называют базу, лишающую изделие (заготовку, деталь, сборочную единицу) пяти степеней свободы, а именно: перемещения вдоль всех трех осей координат и вращения вокруг двух из них. Опорно-направляющая база может быть реализована конической поверхностью относительно малой конусности и большой длины. В этом случае вершина конуса лишает базируемое изделие одной степени свободы, а ось конуса реализует (аналогично длинному цилиндру или его оси) функцию двойной направляющей базы, т.е. лишает изделие четырех степеней свободы. В качестве примера реализации опорно-направляющей базы можно привести инструментальные конусы или конусы Морзе.

Тройной опорной называют базу, отнимающую у детали (заготовки, изделия) три степени свободы: перемещения вдоль трех координатных осей. По аналогии с двойной опорной такая база получается из опорно-направляющей при резком уменьшении длины конуса и увеличении его угла.

Все рассмотренные базы также могут быть классифицированы конструктивному оформлению базы. По этому признаку различают базы явные и скрытые. Под явной понимают базу изделия (детали,

заготовки или сборочной единицы), представленную либо реальной поверхностью, либо разметочной риской или точкой пересечения таких рисок. В отличие от явных баз скрытые используют, когда необходимо определить (или задать) положение изделия с помощью оси, пересечения осей или плоскости симметрии, соответственно, скрытая база изделия может представлять собой воображаемые, точку, ось или плоскость.

Также выделяют искусственные и дополнительные технологические базы. Если конфигурация заготовки не дает возможность выбрать технологические базы, обеспечивающие определение положения заготовки в технологической системе с заданной точностью, то в заготовке создают искусственные технологические базы. Искусственные технологические базы не участвуют в выполнении детали ее служебного назначения, но и не препятствуют этому, поэтому после изготовления они остаются в конструкции детали. В большинстве случаев искусственные базы не предусмотрены в чертеже детали, но иногда конструктор задает от них размеры расположения поверхностей, например радиальное биение шеек вала относительно общей оси центровых отверстий.

Весьма распространенными искусственными технологическими базами являются центровые отверстия на валах, обрабатываемых с высокой точностью или на валах с пониженной жесткостью. К искусственным базам также относятся поверхности заготовки, которые для повышения точности установки обрабатываются с большей точностью, чем это необходимо по чертежу.

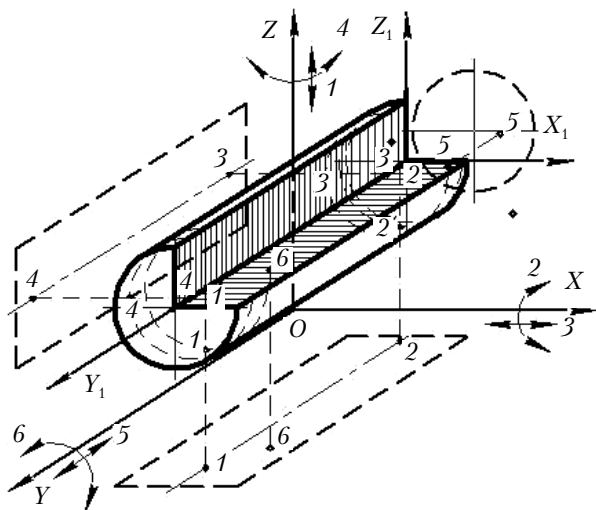
К дополнительным относят базы, которые предназначены для базирования детали в технологической системе с заданной точностью при невозможности использования в качестве таковых существующих в конструкции поверхностей заготовки и подлежат в дальнейшем удалению после выполнения функций технологических баз.

В ряде случаев определение положения детали (заготовки) не требует наложения на нее всех шести координатных связей. В этом случае схема базирования оказывается неполной, и деталь (заготовка) в момент базирования сохраняет одну или несколько степеней свободы. Использовать неполные схемы базирования выгодно, так как это позволяет упростить конструкцию технологической оснастки. В таких схемах всегда присутствует неопределенность базирования в некоторых координатных направлениях, что, однако, не приводит к снижению качества обработки.

При выборе технологических баз целесообразно выполнять принципы совмещения и единства баз. Принцип совмещения баз за-

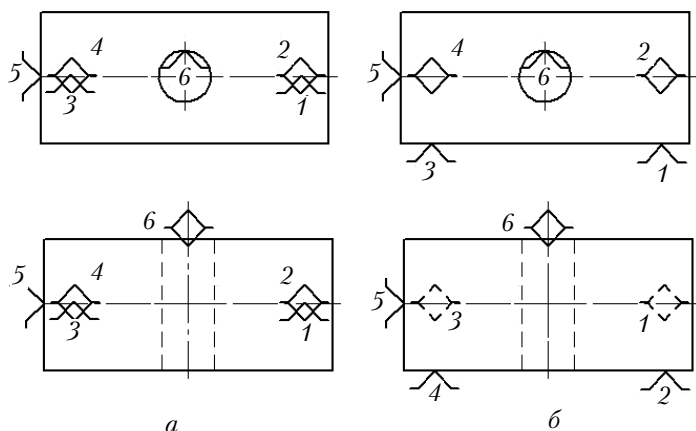
ключается в том, что при выборе ТБ для обработки заготовки и измерительных баз при контроле детали в качестве технологических следует принимать поверхности, которые одновременно являются конструкторскими размерными базами. Принцип постоянства баз заключается в том, что при разработке технологического процесса целесообразно использовать в качестве технологических баз одни и те же поверхности, не допуская без необходимости смены ТБ.

Принципиальные схемы базирования заготовок с наружными и внутренними цилиндрическими базовыми поверхностями одинаковы. Расположение опорных точек показано на рис. 2.4. Теоретическая схема базирования заготовок по оси цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости показана на рис. 2.5, а, по цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости показана на 2.5, б.



**Рис. 2.4.** Теоретическая схема базирования по длинной цилиндрической поверхности

На рис. 2.4 показана теоретическая схема базирования заготовки по длинной цилиндрической поверхности с соотношением  $l / d \geq 1$ . Плоскости, определяющие положение цилиндрической поверхности, являются мнимыми (скрытыми), третья плоскость, как правило, явная и обычно проходит через торцевую плоскость. Мнимые плоскости ( $X_1O_1Y_1$  и  $X_1O_1Z_1$ ) проходят через ось детали и являются взаимно перпендикулярными.



**Рис. 2.5.** Теоретические схемы базирования заготовки по длинной цилиндрической поверхности и торцу:  
 а — с использованием скрытой базы; б — с использованием явной базы

На мнимой плоскости  $X_1O_1Y_1$  располагаются опорные точки 1 (при соединении с координатной плоскостью  $XOY$  жесткой двухсторонней координатной связью лишает заготовку или деталь перемещения вдоль оси  $Z$ ) и 2 (лишает заготовку или детали вращения вокруг оси  $X$ ). Аналогично на перпендикулярной ей координатной плоскости  $Y_1O_1Z_1$  располагаются опорные точки 3 (лишает заготовку или деталь перемещения вдоль оси  $X$ ) и 4 (лишает заготовку или детали вращения вокруг оси  $Z$ ). Как известно, такие базы называются направляющими. Поскольку их две, базу назвали двойной направляющей. Заготовка или деталь лишается перемещения вдоль оси  $Y$  при наложении на нее жесткой двухсторонней координатной связи с плоскостью  $XOZ$  (опорная точка 5). В случае отсутствия на детали асимметричных элементов (пазов, нецентральных отверстий и т.п.) схема базирования такого цилиндра может быть только неполной. В случае наличия на детали такого элемента, она может быть лишена шестой степени свободы (вращения вокруг оси  $Y$  — опорная точка 6) за счет наложения шестой координатной связи связывающей этот элемент с плоскостью  $XOZ$ . И схема базирования становится полной.

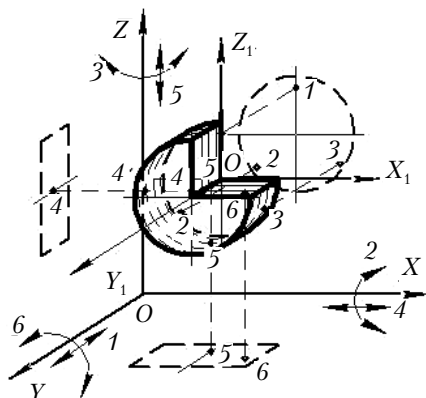
При базировании детали по длинной цилиндрической поверхности возможны два варианта: с использованием скрытой базы (ось цилиндра) и с использованием явной базы (поверхность цилиндра).

Линия пересечения плоскостей  $X_1O_1Y_1$  и  $Y_1O_1Z_1$  принадлежит обеим плоскостям и совпадает с осью цилиндра. Поэтому, расположив опорные точки 1–4 на оси цилиндра, мы лишаем его четырех



степеней свободы, и ось будет скрытой базой (рис. 2.5, а). Если реально опорные точки  $1'-4'$  будут располагаться на цилиндрической поверхности, то базой является сама поверхность, и база будет явной (рис. 2.5, б).

На рис. 2.6 представлена схема базирования заготовки по короткой цилиндрической поверхности с соотношением  $l/d < 1$ .



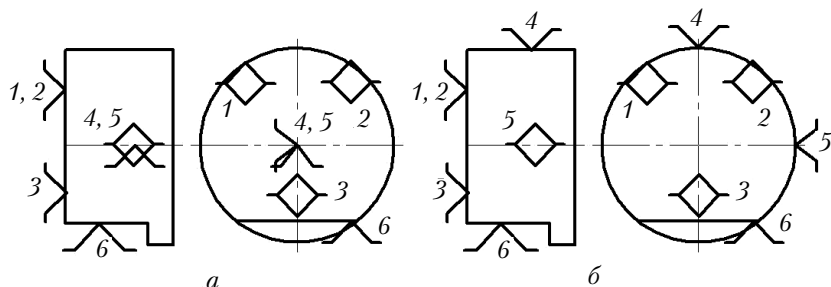
**Рис. 2.6.** Схема базирования заготовки по короткой цилиндрической поверхности

Базирование заготовки по короткой цилиндрической поверхности аналогично базированию заготовки по длинной цилиндрической поверхности, т.е. используются мнимые координатные плоскости  $X_1O_1Y_1$  и  $Y_1O_1Z_1$ , на которых располагаются опорные точки, соединенные жесткой двухсторонней координатной связью с плоскостями  $XOY$  и  $YOZ$ . Однако опорные точки  $1-5$  настолько близко расположены друг к другу, что они не могут лишать заготовку возможности вращаться вокруг осей  $X$  и  $Z$ . Поэтому опорные точки  $1-3$  будут располагаться на торцевой поверхности и лишать заготовку трех степеней свободы (установочная база): перемещения вдоль оси  $Y$  и вращения вокруг осей  $X$  и  $Z$ . Ось цилиндрической поверхности или сама цилиндрическая поверхность лишает заготовку двух степеней свободы: перемещения вдоль осей  $X$  и  $Z$  — и называется двойной опорной базой.

Аналогично базированию по длинному цилиндру в случае отсутствия на детали асимметричных элементов схема базирования по короткой цилиндрической поверхности неполная. В случае наличия на детали такого элемента она может быть лишена шестой степени свободы (вращения вокруг оси  $Y$  — опорная точка 6) за счет

наложения шестой координатной связи связывающей этот элемент с плоскостью  $XOZ$ . И схема базирования становится полной.

Для короткой цилиндрической базовой поверхности возможны два варианта базирования детали: с использованием скрытой базы (ось цилиндрической поверхности (рис. 2.7, *а*)) и с использованием явной базы (поверхность цилиндрической поверхности (рис. 2.7, *б*)).



**Рис. 2.7.** Теоретические схемы базирования короткого цилиндра: *а* — с использованием скрытой базы; *б* — с использованием явной базы

После того как положение детали (заготовки) относительно системы координат технологической системы определено с требуемой точностью, его необходимо сохранить на время ее обработки или измерения. Для сохранения полученного при базировании правильного положения детали нужно обеспечить непрерывность контакта технологических баз деталей (заготовок) с установочными элементами приспособления (станочного или измерительного).

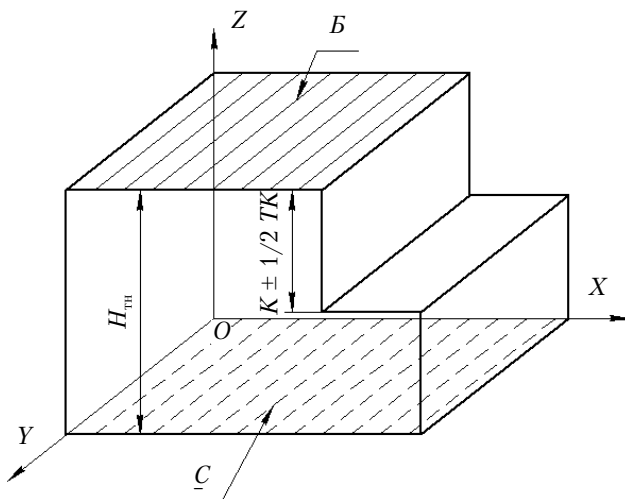
Под определенностью базирования детали (заготовки) будем понимать неизменность ее положения относительно выбранной системы координат при изготовлении или контроле. Для обеспечения определенности базирования к детали прикладываются силы, создающие силовое замыкание наложенных позиционных (геометрических) связей. Силы и их моменты, создающие силовое замыкание и обеспечивающие непрерывность контакта, должны быть больше сил и их моментов, стремящихся нарушить этот контакт в процессе обработки. Однако силовое замыкание, в свою очередь, является источником погрешности достигнутого положения базированной детали (заготовки).

Таким образом, для соблюдения условия определенности базирования детали (заготовки) в технологической системе необходимы:

- правильный выбор технологических или измерительных баз детали (заготовки);
- выбор точек приложения сил, обеспечивающих силовое замыкание (по возможности, напротив опорных точек), для уменьшения собственных деформаций деталей;
- установление последовательности приложения сил, которая не позволит вызвать изменение положения детали во время ее закрепления и т.п.

Совокупность процессов базирования и закрепления называется установкой.

Однако задача по выбору ТБ нередко имеет не одно решение. При этом технолог зачастую попадает в ситуацию, когда необходимо сделать выбор базы из нескольких поверхностей, по каждому координатному направлению. Рассмотрим пример: нужно выбрать базу в направлении оси  $Z$  при фрезеровании уступа детали в размер  $K \pm 1/2 TK$  ( $TK$  – допуск на размер  $K$ , назначенный конструктором). Как видно, конструктор конструкторской размерной базой (КРБ) для определения положения обрабатываемой поверхности выбрал плоскость  $B$  (рис. 2.8). При этом технолог может выбрать в качестве технологической (установочной) базы использовать либо плоскость  $C$ , либо плоскость  $B$ .



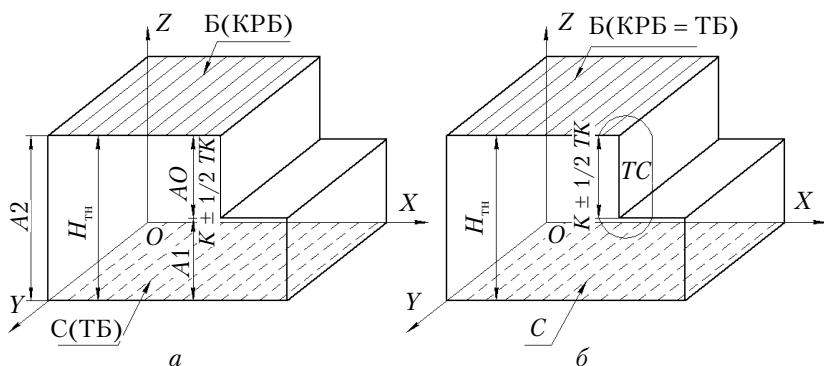
**Рис. 2.8.** Эскиз детали (фрезерование уступа)

В первом варианте (в качестве технологической базы принята плоскость  $C$ ) технологическая база не совпадает с конструкторской

размерной базой (плоскость  $B$ ). Воспользовавшись теорией размерных цепей, построим размерную цепь с исходным звеном  $A_0 = K$ , описывающую формирование размера  $K$  (рис. 2.9,  $a$ ), и определим ожидаемую погрешность замыкающего звена  $A_0$ . В размерную цепь входят три звена:

$A_1$  — расстояние от обрабатываемой поверхности до ТБ, его погрешность связана с обработкой на станке и называется технологическим размером, а погрешность — погрешностью технологического размера  $\omega_{\text{тр}}$ ;

$A_2$  — расстояние между конструкторской размерной и технологической базой, его погрешность определяется точностью заготовки (допуском на размер перехода с КРБ на ТБ).



**Рис. 2.9.** Два варианта базирования заготовки при фрезеровании уступа на детали ( $a$  — принцип совмещения баз не выполняется;  $b$  — принцип совмещения баз выполняется)

Тогда часть погрешности размера  $K$  (звена  $A_0$ ), зависящая от выбора технологической базы, будет равна

$$\omega K = \omega A_0 = \omega A_1 + \omega A_2, \quad (2.1)$$

где  $\omega A_1$  — погрешность технологического размера  $\omega_{\text{т.р}}$ ;  $\omega A_2$  — погрешность заготовки  $\omega_{\text{заг}}$  ( $\omega A_2 = \omega_{\text{заг}} = \omega H$ ).

$$\omega K = \omega A_0 = \omega_{\text{т.р}} + \omega_{\text{заг}}. \quad (2.2)$$

При использовании качестве ТБ поверхности  $B$  или КРБ (рис. 2.9,  $b$ ) ТБ с КРБ и погрешность размера  $K$  будет равна только погрешности технологического размера:  $\omega K = \omega_{\text{тр}}$ .

На основании рассмотренного примера можно сделать вывод, что наибольшая точность размера при обработке получается, если ТБ совместить с КРБ, т.е. выполнить принцип совмещения баз. В случае несовмещения ТБ и КРБ в погрешность получаемого размера входит погрешность заготовки, которую называют погрешностью «выбора баз» —  $\omega_{в.б.}$ .

Так как установка заготовок состоит из процесса базирования и процесса закрепления, соответственно, и погрешность установки складывается из погрешности базирования  $\omega_6$  и погрешности закрепления  $\omega_3$ .

$$\omega_y = \omega_6 + \omega_3. \quad (2.3)$$

Таким образом, погрешность установки в общем случае будет включать следующие составляющие:

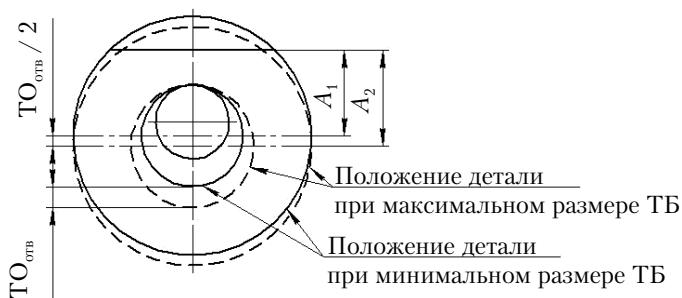
- погрешность изготовления технологической базы детали ( $\omega_{т.б.}$ );
- погрешность изготовления и износа установочных элементов ( $\omega_{изн.у.э.}$ );
- погрешность от неопределенности базирования ( $\omega_{н.б.}$ );
- погрешность закрепления ( $\omega_3$ ).

Рассмотрим эти составляющие более подробно.

## 2.1. ПОГРЕШНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЕТАЛИ (ΩТ.Б)

Рассмотрим пример (рис. 2.10). На детали «Кольцо» необходимо обработать лыску, выдержав размер  $A$  от обрабатываемой поверхности до оси отверстия. ТБ детали — центральное отверстие. Деталь устанавливается на палец (установочный элемент приспособления). Будем считать, что диаметр пальца постоянный (не изнашивается), а отверстие (ТБ) изготовлено с погрешностью в пределах допуска  $TD_{отв.}$ . На рис. 2.10 показано положение детали при минимально и максимально допустимых размерах ТБ. При фрезеровании лыски на настроенном станке размер ее расположения будет меняться от наименьшего  $A_1$  (при наименьшем диаметре ТБ) до  $A_2$  (при наибольшем диаметре ТБ), все остальные размеры будут находиться между размерами  $A_1$  и  $A_2$ . Таким образом, погрешность размера  $A$  будет зависеть от погрешности изготовления технологической базы (в данном случае):

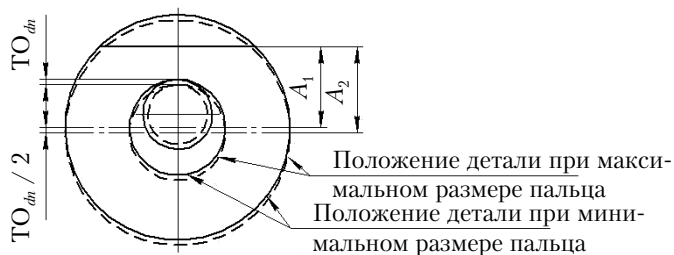
$$\omega_{ТБ} = A_1 - A_2 = \frac{TD_{отв.}}{2}$$



**Рис. 2.10.** Погрешность расположения лыски, зависящая от погрешности изготовления ТБ

## 2.2. ПОГРЕШНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИЗНОСА УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Примем допущение, что технологическая база кольца (отверстие) во всей партии деталей имеет одинаковый размер (рис. 2.11), а размер установочного элемента меняется от максимального значения (сплошная линия) до минимального (пунктирная линия) за счет погрешности изготовления и износа. Тогда при максимальном размере пальца при обработке кольца на настроенном станке будет получаться размер  $A_1$ , а при минимальном — размер  $A_2$ . Разница размеров между  $A_2$  и  $A_1$  является погрешностью этого размера, вызванной погрешностью изготовления и износом установочного элемента (пальца).



**Рис. 2.11.** Погрешность расположения лыски, зависящая от погрешности изготовления ТБ

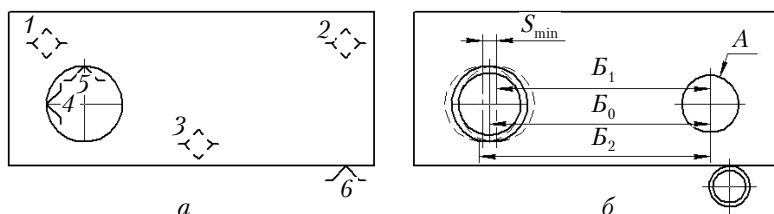
Тогда из схемы видно, что

$$\omega_{изг.у.з} = A_2 - A_1 = \frac{T_{dn}}{2}; \quad (2.4)$$

где  $T_{dn}$  — суммарный допуск на изготовление и износ пальца.

### 2.3. ПОГРЕШНОСТЬ, ВОЗНИКАЮЩАЯ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ( $\omega_{н.б}$ )

Под неопределенностью базирования понимают одиночное или неоднократно изменение положения детали относительно тех поверхностей, которые определяют положение детали в технологической системе (в нашем случае — относительно установочных элементов). При проектировании приспособлений часто для упрощения конструкции приспособления устанавливают детали на установочные элементы с зазором, что вызывает неопределенность базирования, которая всегда является источником погрешности. Например, на рис. 2.12 для обработки отверстия  $A$  деталь для реализации принятой схемы базирования (рис. 2.12,  $a$ ) устанавливается, в частности, на палец приспособления с гарантированным зазором  $S_{\min}$ . При этом нельзя точно указать, какая образующая ТБ будет входить в контакт с установочным элементом (пальцем), поэтому взаимное расположение ТБ и пальца в направлении формирования размера обработки может меняться в пределах зазора между пальцем и ТБ на величину  $S_{\min}$ . Соответственно, при обработке отверстия  $A$ , выдерживаемый размер  $B_0$  будет меняться от  $B_1$  до  $B_2$  также на величину минимального зазора  $S_{\min}$  — это и есть погрешность, вызванная неопределенностью базирования  $\omega_{н.б}$  заготовки.



**Рис. 2.12.** Влияние неопределенности базирования на погрешность размера расположения отверстия  $A$ :

- $a$  — теоретическая схема базирования заготовки в приспособлении;  
 $b$  — формирования погрешности размера за счет неопределенности базирования

Погрешность, обусловленная неопределенностью базирования  $\omega_{н.б}$ , в сумме с погрешностью технологической базы  $\omega_{ТБ}$  и погрешностью изготовления установочного элемента  $\omega_{изг.у.э.}$ , обычно и составляют основную часть погрешности установки  $\omega_y$ , речь о которой пойдет ниже.

### 2.4. ПОГРЕШНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Погрешностью закрепления ( $\omega_z$ ) называют разность проекций максимального и минимального смещения ТБ на направление

изменяемого размера, вызванного силой закрепления. Заготовка смещается в результате упругих деформаций отдельных элементов цепи, в которой происходит силовое замыкание заготовки: заготовка — установочные элементы — корпус приспособления. При достаточной жесткости корпуса приспособления и заготовки погрешности закрепления зависят в основном от перемещений в стыке заготовка — установочные элементы. Одновременно смещается также ТБ. Если величина смещения ТБ (как бы велика она ни была) постоянна для партии заготовок, то погрешность закрепления равна нулю, поскольку это смещение должно быть учтено в настроечном размере. Величина смещения ТБ заготовки при закреплении может быть непостоянна для партии заготовок при непостоянстве силы зажима (например, при ручном закреплении), микрогеометрии и физико-механических свойств материала поверхностного слоя ТБ заготовок.

На рис. 2.13 приведена схема появления погрешности закрепления детали при обработке углового паза шириной  $A$ . Под действием силы зажима  $Q$  ТБ смещается. Причем величина смещения ТБ в направлении формирования размера обработки пропорциональна величине силы закрепления (рис. 2.13, б). С изменением силы зажима в пределах от  $Q_{\min}$  до  $Q_{\max}$  ТБ будет смещаться от положения  $m'n'$  до положения  $m''n''$ . Тогда для данного примера погрешность закрепления можно рассчитать по формуле

$$\omega_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos \alpha \quad (2.5)$$

где  $\alpha$  — угол между направлением получаемого размера и направлением приложения силы зажима.

Погрешность закрепления  $\omega_3$  — случайная величина, так как изменение силы зажима  $Q$  при закреплении партии заготовок случайно. Зависимость контактных деформаций стыка заготовка — установочный элемент приспособления от силы зажима показана на рис. 2.13, б. В общем виде эта зависимость выражается формулой

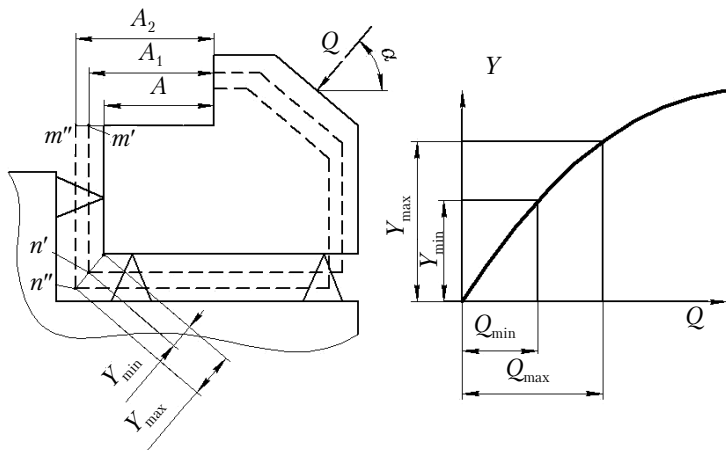
$$y = c \cdot Q^n, \quad (2.6)$$

где  $Q$  — величина составляющей силы зажима, приходящаяся на установочный элемент;  $c$  и  $n$  — коэффициенты, характеризующие вид контакта, материал заготовки, шероховатость и структуру его поверхностного слоя.

Для уменьшения  $\omega_3$  необходимо стремиться к постоянству  $Q$ , поэтому при выполнении точных работ при любом типе производства применение приспособления с ручным приводом нежелательно.



К уменьшению  $\omega_3$  также приведут повышение жесткости стыка установочный элемент — ТБ заготовки, однородность поверхностного слоя ТБ, увеличение жесткости элементов приспособления, воспринимающих силу зажима  $Q$ .



**Рис. 2.13.** Возникновение погрешности закрепления при приложении силы закрепления

Погрешности, возникающие при установке, могут привести как к изменению положения обрабатываемых поверхностей, так и к искажению их формы. Таким образом, погрешность установки является функцией следующих величин

$$\omega_y = f(\omega_{т.б}; \omega_{изг.у.э}; \omega_{н.б}; \omega_3). \quad (2.7)$$

Так как все составляющие погрешности установки являются случайными величинами, то формула (2.12) принимает вид:

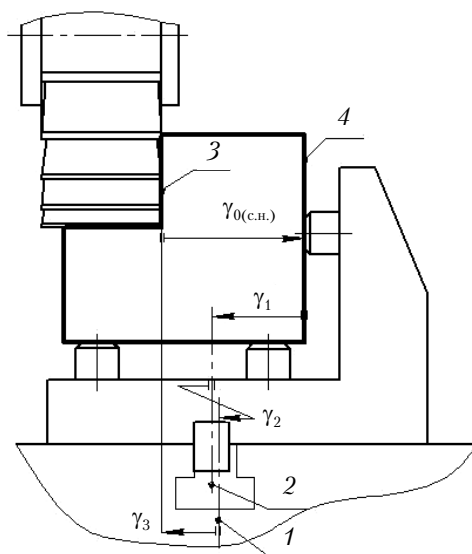
$$\omega_y = \sqrt{\omega_{т.б}^2 + \omega_{изг.у.э}^2 + \omega_{н.б}^2 + \omega_3^2}. \quad (2.8)$$

Приспособления также оказывают влияние на величину погрешности статической настройки технологической системы (ТС) ( $\omega_{с.н.}$ ). Статическая настройка — это совокупность действий, направленных на придание режущим кромкам рабочего инструмента определенного начального положения в неработающей (находящейся в статическом состоянии) ТС. Так как размеры статической настройки при наладке ТС формируются с некоторыми отклонениями от заданных значений, а при повторах процесса, в случаях

замены затупившихся инструментов, они претерпевают еще и рассеяние в некоторых пределах, такие суммарные поля рассеяния называют погрешностями статической настройки и в общем случае обозначают  $\omega_{\text{ст}}$ .

Поясним это на примере. На детали (рис. 2.14) необходимо профрезеровать уступ и выдержать относительный поворот  $\gamma_0$  (параллельность) обрабатываемой поверхности (обозначена на рис. 2.14 номером 3) относительно ТБ (правой плоскости детали (обозначена на рис. 2.14 номером 4)). Погрешность относительного поворота  $\gamma_0$  и есть погрешность статической настройки. Эта погрешность прямо зависит от следующих составляющих:

- параллельности поверхности установочных элементов, определяющих положение детали в приспособлении, относительно оси пазовых шпонок, определяющих положение приспособления в технологической системе ( $\gamma_1$ );
- параллельности оси пазовых шпонок относительно паза стола станка ( $\gamma_2$ );
- параллельности перемещения оси паза стола фрезерного станка относительно режущих кромок фрезы, которые и формируют искомую поверхность на детали ( $\gamma_3$ ).



**Рис. 2.14.** Схема формирования погрешности статической настройки при фрезеровании уступа на детали:

1 — ось паза стола станка; 2 — ось направляющей шпонки;  
3 — обрабатываемая поверхность; 4 — ТБ детали

Таким образом, приспособление оказывает влияние на погрешность статической настройки ( $\omega_{с.н}$ ) за счет погрешностей изготовления приспособления по размерам и относительным поворотам, координирующим установочные элементы относительно основных баз приспособления ( $\omega\gamma_1$ ) и погрешностей ориентации приспособления относительно системы координат станка, зависящих от точности изготовления основных баз приспособления ( $\omega\gamma_2$ ).

Также приспособления влияют на погрешность динамической настройки ТС ( $\omega_{д.н}$ ), так как они оказывают существенное влияние на величину упругих деформаций технологической системы (вернее, непостоянство этих деформаций) своей жесткостью, так как приспособление является значительной частью ТС. В связи с этим к жесткости и устойчивости приспособления (в частности, корпусам приспособлений) предъявляются повышенные требования.

### *Вопросы для самоподготовки*

1. Что такое базирование деталей?
2. Что такое технологическая база?
3. Что такое теоретическая схема базирования?
4. Какие бывают типовые схемы базирования плоских поверхностей?
5. Перечислите типовые схемы базирования цилиндрических поверхностей.
6. Опишите схему базирования детали по плоскости и двум отверстиям.
7. Охарактеризуйте схему базирования деталей по центровым отверстиям и фаскам.
8. Что такое установочная база?
9. Что такое направляющая и опорная базы?
10. Что такое двойная опорная база?
11. Что такое двойная направляющая база?
12. Что такое тройная направляющая база?
13. Что такое опорно-направляющая база?
14. От чего зависит погрешность базирования?
15. Что такое погрешность установки?
16. Перечислите составляющие погрешности закрепления.
17. Каковы пути уменьшения погрешности базирования?
18. Каковы пути уменьшения погрешности закрепления?
19. Почему приспособление влияет на погрешность статической настройки технологической системы?
20. Почему приспособление влияет на погрешность динамической настройки технологической системы?

## Глава 3

# ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

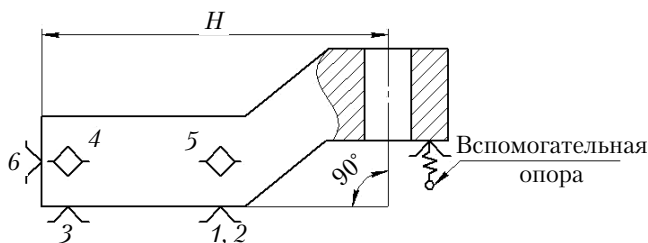
### 3.1. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

*В данном пункте рассмотрены наиболее часто встречающиеся схемы базирования заготовок в приспособлениях и способы их реализации с помощью установочных элементов. Приводятся конструкции, описание и основные расчетные зависимости для определения исполнительных размеров установочных элементов.*

Все теоретические схемы базирования в процессе проектирования приспособления реализуются установочными элементами. Установочные элементы приспособлений — детали и механизмы приспособления, которые обеспечивают заданное теоретической схемой базирования и однообразное положение обрабатываемых заготовок относительно исполнительных поверхностей инструмента.

Установочные элементы часто называют опорами. Опоры принято подразделять на основные и вспомогательные. Основными опорами называют элементы, лишаящие заготовку при установке некоторого количества степеней свободы, т.е. основные опоры определяют положение заготовки в пространстве. Поэтому они, как правило, неподвижны. Вспомогательными опорами называют детали или механизмы, предназначенные для придания заготовке дополнительной жесткости или устойчивости в процессе обработки, но не участвующие в определении ее положения относительно системы координат ТС. Вспомогательные опоры не должны нарушать положение заготовки, достигнутое установкой на основные опоры, поэтому они должны быть подвижными и жестко фиксироваться только после установки заготовки на основные опоры.

На рис. 3.1 приведен пример установки заготовки, когда наличие в схеме шести опорных точек не обеспечивает однообразного положения заготовки в процессе установки и обработки: она может опрокинуться или, в случае малой жесткости заготовки, деформироваться. Для устранения этих недостатков установки в схему вводят вспомогательную опору, воспринимающую силу подачи при сверлении.



**Рис. 3.1.** Схема установки заготовки в приспособлении для сверления отверстия с использованием вспомогательной опоры

К установочным элементам предъявляется ряд общих требований.

- Число и расположение установочных элементов должны обеспечивать реализацию теоретической схемы базирования заготовки, а также ее устойчивость и отсутствие деформаций при креплении. Излишнее число установочных элементов всегда приводит к неопределенному положению заготовки в выбранной системе координат. Для обеспечения устойчивого положения заготовки в приспособлении расстояние между опорами выбирают максимально большим. Когда нет необходимости лишать деталь всех шести степеней свободы, применяют схему неполного базирования, однако при этом установочные элементы все равно должны обеспечивать устойчивость заготовки и отсутствие ее деформаций при креплении.
- Рабочие поверхности установочных элементов должны быть настолько малыми размерами. Это необходимо для уменьшения влияния погрешности изготовления технологической базы и ее шероховатости на величину погрешности базирования.
- Установочные элементы при установке по обработанным поверхностям не должны портить базовую поверхность заготовки. Это требование ограничивает минимальный размер контактной поверхности установочных элементов с базой в соответствии с предыдущим требованием.
- Установочные элементы должны сами иметь хорошую жесткость для уменьшения их деформации при приложении сил крепления и сил резания, а также обеспечивать хорошую жесткость сопряжения их с корпусом приспособления, что необходимо для уменьшения влияния этих деформаций на величину погрешности крепления заготовки  $\omega_3$ .
- Конструкция установочных элементов должна обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении.

- Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью, что необходимо для уменьшения влияния износа установочных элементов на погрешность установки.

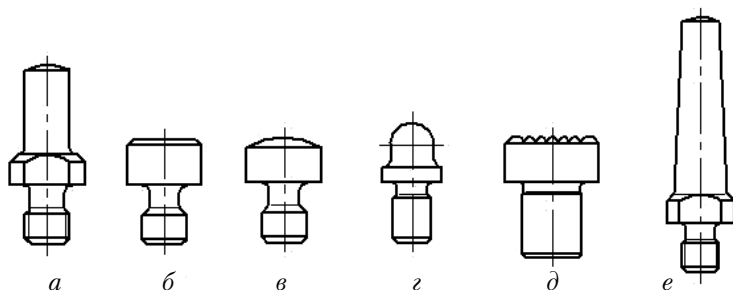
Установочные элементы, как правило, изготавливают из углеродистых сталей У7А — У10А с закалкой до твердости HRC 50–55 или из сталей марок 20 или 20Х с цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до той же твердости (для крупных установочных элементов (УЭ)). В серийном производстве при небольшом сроке службы приспособления для удешевления его конструкции установочные элементы изготавливают из сталей 45 или 40Х с закалкой до твердости HRC 35–40. В некоторых случаях для особо точных приспособлений в массовом производстве на поверхности установочных элементов наплавляют твердый сплав.

Конструкция основных опор зависит в том числе от формы ТБ. Рассмотрим вначале основные опоры, используемые для установки деталей по плоским базовым поверхностям. Теоретическая схема базирования при полной схеме базирования представлена на рис. 3.2. Для плоских поверхностей в качестве установочных элементов применяются постоянные опоры и опорные пластины. Конструкции и размеры опор и пластин определены соответствующими стандартами, например:

- ГОСТ 13440–68. Опоры постоянные с плоской головкой для станочных приспособлений. Конструкция.
- ГОСТ 13441–68. Опоры постоянные со сферической головкой для станочных приспособлений. Конструкции.
- ГОСТ 13442–68. Опоры постоянные с насеченной головкой для станочных приспособлений. Конструкция.

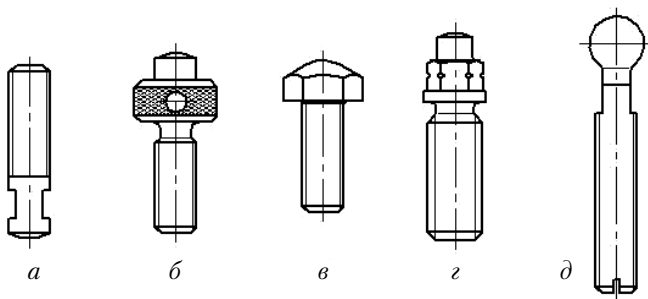
На рис. 3.2 приведены примеры стандартных опор (ГОСТы 13440–68, 13441–68, 13442–68), на рис. 3.3 — регулируемые опоры (ГОСТы 4084–68, 4085–68, 4086–68), на рис. 3.4 — опорные пластины. Головку опоры высотой  $H$  выполняют с отклонениями по  $h6$  или  $h5$  (рис. 3.5, б), чем обеспечивается их хорошую взаимозаменяемость. Выбор типа и размеров опор зависит от размеров и состояния базовых поверхностей заготовки. Детали с обработанными («чистыми») базовыми плоскостями больших размеров устанавливают на пластины (рис. 3.4), а небольших размеров — на опоры с плоской головкой (рис. 3.2, б). Детали с необработанными («черными») базами устанавливают на опоры со сферической или шаровой головкой (рис. 3.2, в, г) или насеченной головками (рис. 3.2, д). Опоры со сферической головкой применяют только при уста-

новке узких деталей, чтобы увеличить расстояние между точками опоры.



**Рис. 3.2.** Примеры стандартных опор:

*a* — опора постоянная высокая ГОСТ 12479–67; *б* — опора постоянная с плоской головкой ГОСТ 13440–68; *в* — опора постоянная со сферической головкой ГОСТ 13441–68; *г* — опора шаровая ГОСТ 12216–66; *д* — опора постоянная с насеченной головкой ГОСТ 13442–68; *е* — опора постоянная высокая ГОСТ 12479–67 (исп. 2)

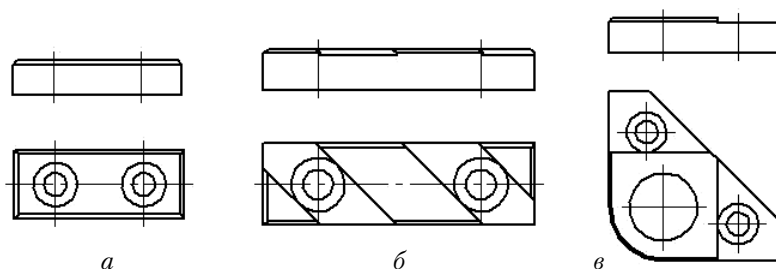


**Рис. 3.3.** Примеры регулируемых опор:

*a* — опора регулируемая ГОСТ 4084–68 (исп. 1); *б* — опора регулируемая с круглой головкой ГОСТ 4086–68; *в* — опора регулируемая с шестигранной головкой ГОСТ 4085–68; *г* — опора регулируемая усиленная ГОСТ 4740–68; *д* — опора регулируемая с шаровой головкой ГОСТ 1248–67

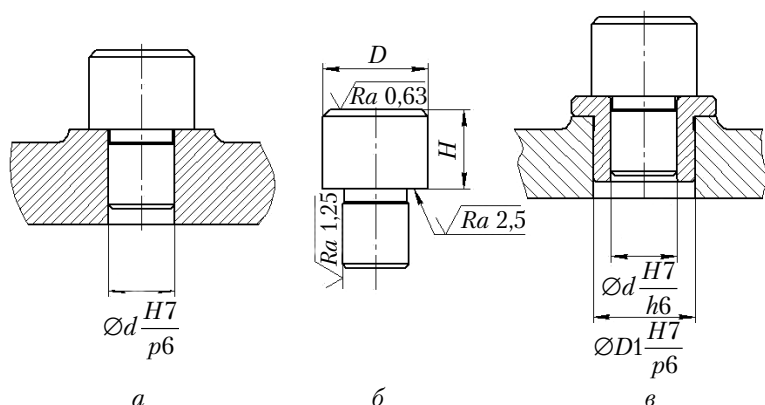
Отверстия под опоры в корпусе приспособления выполняют, как правило, сквозными, сопряжение постоянных опор (рис. 3.5, *б*) с отверстиями выполняют по посадке  $H7/h6$  или  $H7/p6$  (рис. 3.5, *а*). Площадки в корпусе под головки опор должны слегка выступать над плоскостью корпусной детали, площадки для однотипных опор обрабатывают с одного рабочего хода, для обеспечения размещения их в одной плоскости. При частой смене изношенных опор их устанавливают в переходную стальную каленую втулку по посадкам

$H7/js6$  или  $H7/h6$ , а втулку в корпус приспособления — по посадкам  $H7/h6$  или  $H7/p6$  (рис. 3.5, в).



**Рис. 3.4.** Примеры опорных пластин:

- a* — пластина опорная для станочных приспособлений ГОСТ 4743–68 (исп. 1);  
*б* — пластина опорная для станочных приспособлений ГОСТ 4743–68 (исп. 2);  
*в* — пластина опорная к установочным пальцам ГОСТ 17776–72



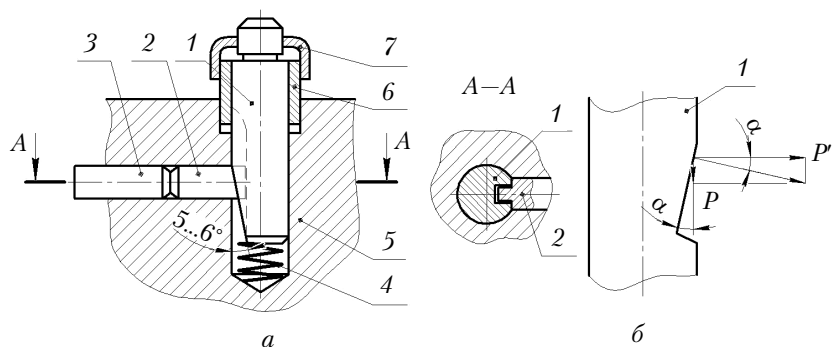
**Рис. 3.5.** Установка постоянных опор:

- a* — непосредственно в корпус по посадке с натягом; *б* — опора постоянная;  
*в* — установка постоянной опоры в переходную стальную каленую втулку (втулку с буртиком по ГОСТ 12214–66)

На рис. 3.4 представлены конструкции опорных пластин по ГОСТ 4743–68. Пластины, так же как и опоры, закрепляют на выступающих площадках корпуса приспособления. Пластины изготавливают пластины двух типов — плоские (рис. 3.4, *a*) и с косыми пазами (рис. 3.4, *б*), отдельно выделяют пластины опорные к установочным пальцам (рис. 3.4, *в*). Плоские пластины рекомендуется закреплять на вертикальных стенках корпуса приспособления.



В станочных приспособлениях применяют два типа вспомогательных опор — самоустанавливающиеся (рис. 3.6) и подводимые (рис. 3.7).



**Рис. 3.6.** Самоустанавливающаяся опора (а), схема действия сил (б)

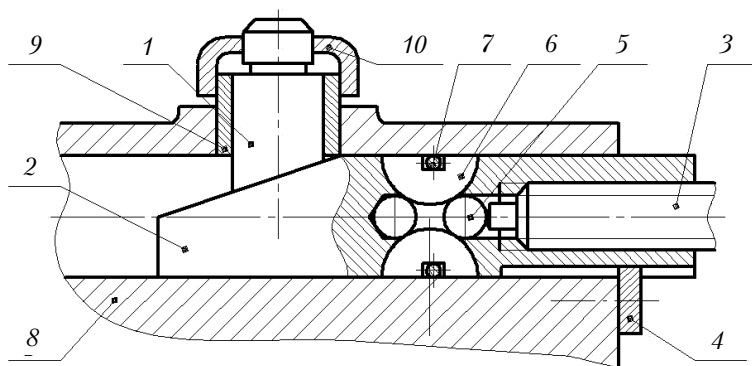
Конструкции самоустанавливающихся опор определяются ГОСТ 13159–67.

Плунжер опоры 1 устанавливают выше основных опор (рис. 3.6, а). При установке в приспособлении заготовка собственным весом утапливает плунжер, преодолевая сопротивление пружины 4, до тех пор, пока заготовка займет правильное положение на основных опорах. После этого плунжер 1 жестко фиксируется через стержень 3 и штифт 2 с косым срезом. Вся опора смонтирована в корпусе 5. Для предохранения направляющих плунжеров от попадания стружки и износа корпуса в конструкции имеется направляющая втулка 6 и защитный, колпачок 7. Угол скоса фиксирующего штифта 2 меньше угла самоторможения ( $5\text{--}6^\circ$ ). Плунжер 1 от проворота относительно своей оси удерживается с помощью шпоночного выступа штифта 2. Пружину 4 выбирают так, чтобы она не могла приподнять заготовку над основными опорами. Для приведения опоры в исходное положение ее необходимо расфиксировать.

Достоинства самоустанавливающихся опор: быстрое действие и возможность одновременного управления (стопорения) несколькими опорами от одного привода (например, через клиновую систему). Основной недостаток таких опор в том, что их нельзя применять при установке тяжелых заготовок и больших значениях сил, действующих вдоль оси плунжера 1. На рис. 3.6, б приведена схема сил, действующих на клиновом скосе плунжера опоры

при работе, которая показывает, что ввиду малости угла  $\alpha$  сила  $P$  во много раз больше силы  $P$ .

На рис. 3.7 представлена нормализованная конструкция клиновой подводимой опоры. При отсутствии в приспособлении заготовки плунжер 1 опоры располагается ниже основных опор. После установки заготовки на основные опоры, вручную движением клина 2 влево, выдвигают плунжер 1 до соприкосновения с поверхностью заготовки. Вращаясь, винт 3 нажимает на шарики 5, которые при сближении раздвигают в радиальных пазах сегментные шпонки 6 до упора их в корпус 8. Опора стопорится за счет сил трения на поверхностях соприкосновения шпонок с корпусом приспособления. Кольцевая пружина 7 обеспечивает возврат шпонок при раскреплении опоры. Клин 2 предохраняется от поворота планкой 4. Втулка направляющая 9 и колпачок 10 предохраняют опору от попадания стружки и смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС). Угол наклона клина равен  $15^\circ$ , клиновая опора является самотормозящей.



**Рис. 3.7.** Нормализованная конструкция клиновой подводимой опоры

Достоинством подводимой опоры по сравнению с самоустанавливающейся является способность выдержать значительно большие силы, действующие вдоль оси плунжера 1, чем самоустанавливающаяся. К недостаткам подводимой опоры относится низкая производительность, связанную с ручным подводом опоры; невозможность одновременного управления несколькими опорами; неприменимость при обработке легких и маложестких деталей, так как при подводе опоры вручную можно нарушить положение детали, определяемое основными опорами.

Для обозначения опор и установочных устройств применяются графические изображения по ГОСТ 3.1107–81 (СТ СЭВ 1803–79), представленные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Графическое изображение опор**

Опора	Вид спереди, сзади	Вид сверху	Вид снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

### 3.1.1. Установка заготовок по цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости

Установка заготовок по цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости является реализацией одной из двух схем базирования в зависимости от соотношения длины  $l$  и диаметра  $d$  базовой цилиндрической поверхности (2.5, 2.7).

Для реализации теоретической схемы базирования по оси цилиндрической поверхности (скрытая база) применяются:

- для наружной поверхности — самоцентрирующие механизмы;
- внутренней цилиндрической поверхности — самоцентрирующие механизмы, оправки конусные или оправки под запресовку.

Для реализации схемы базирования по цилиндрической поверхности (явная база) применяются:

- для наружных поверхностей установка во втулки или на призмы;

- внутренней цилиндрической поверхности установка на оправки с гарантированным зазором (длинные цилиндрические поверхности), или на пальцы (короткие цилиндрические поверхности).

### **3.1.2. Установка заготовок на оправки**

Оправки — достаточно разнообразные по конструкции элементы приспособлений. Различают оправки:

- самоцентрирующие;
- рычажные (кулачковые);
- клиноплунжерные;
- цанговые;
- мембранные;
- разжимные с гидропластом.

### **3.1.3. Конусные оправки**

Конусные оправки обеспечивают высокую точность центрирования заготовки (рис. 3.8, *а*). Конусность рабочей части оправки, принимается в пределах 1:1500...1:2000. Заготовка на оправку насаживается легкими ударами. Благодаря расклинивающему действию достигается совмещение осей оправки и базового отверстия. Кроме того, заготовка удерживается от поворота за счет достигнутого натяга, и зажима ее не требуется. Недостатком таких оправок является отсутствие точного ориентирования партии заготовок по длине за счет изменений в пределах допуска диаметра базового отверстия, а следовательно, невозможность обработки торцов и уступов на предварительно настроенных станках, а также невозможность установки длинных деталей, так как деталь будет удерживаться только на одном конце.

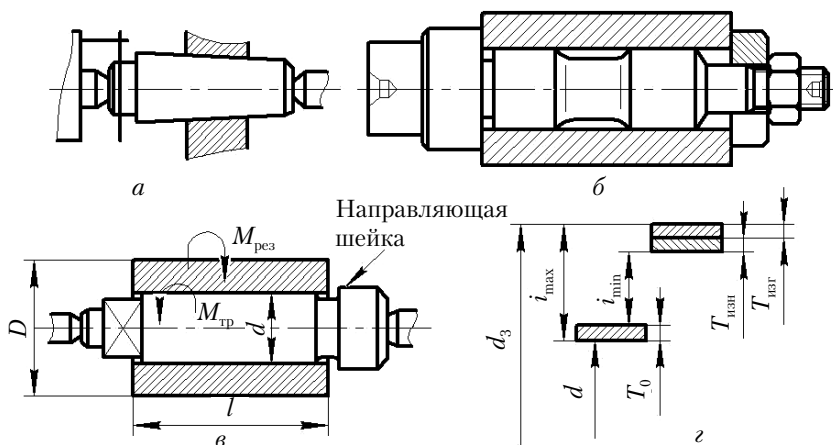
Конструкция оправки с гарантированным зазором приведена на рис. 3.8, *б*. Возможность проворачивания заготовки на оправке ограничено затягиванием гайки за счет сил трения в контакте «заготовка — быстросъемная шайба», шпонкой или шлицами, если на заготовке имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие.

На рис. 3.8, *в* приведена конструкция оправки под запрессовку. Такие оправки позволяют обеспечить высокую точность центрирования. Применяя упорные кольца при напрессовке, можно точно ориентировать положение заготовки по длине оправки. Использование таких оправок позволяет производить одновременную подрезку обоих торцов заготовки. Недостаток данной конструкции состоит в том, что на механическом участке необходимо устанавливать дополнительное оборудование — пресс для запрессовки и распрессовки оправок. При конструировании оправок под запрессовку не-

обходимо определить диаметр рабочей части для обеспечения неизменности положения заготовки на оправке, т.е. обеспечить определенную величину натяга. При обработке заготовки на нее действуют момент от силы резания  $M_{\text{рез}}$ , стремящийся провернуть заготовку на оправке, ему противодействует момент, создаваемый силой трения в контакте «заготовка — оправка», т.е. необходимо обеспечить такие условия, при которых момент трения между оправкой и заготовкой  $M_{\text{тр}}$  был бы больше момента от силы резания  $M_{\text{рез}}$ :

$$M_{\text{тр}} > M_{\text{рез}} \text{ или } M_{\text{тр}} = k \cdot M_{\text{рез}} = F_{\text{тр}} \cdot \frac{d}{2} = k \cdot P_{\text{рез}} \cdot \frac{D}{2} \quad (3.1)$$

где  $F_{\text{тр}}$  — сила трения, создаваемая между заготовкой и оправкой;  $k$  — коэффициент запаса;  $d$  — внутренний диаметр заготовки;  $P_{\text{рез}}$  — составляющая силы резания, формирующая момент резания (при точении —  $P_2$ );  $D$  — диаметр обрабатываемой поверхности.



**Рис. 3.8.** Конструкции жестких оправок

Опустив промежуточные выкладки, получим зависимости для определения минимально необходимого натяга  $i_{\text{min}}$  и обеспечивающего его диаметра оправки (исполнительный диаметр оправки):

$$i_{\text{min}} = \frac{k \cdot P_{\text{рез}} \cdot D}{p \cdot d^2 \cdot l \cdot f} \cdot \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_B}{E_B} \right) \quad (3.2)$$

где  $f$  — коэффициент трения между оправкой и заготовкой;  $D$  — наружный диаметр заготовки;  $l$  — длина рабочей части оправки;

$C_a = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_a$ ;  $C_B = \frac{d_B^2 + d_o^2}{d_B^2 - d_o^2} + \mu_B$ ;  $E_a, E_B$  — модули упругости материала детали и оправки;  $d_B, d_o$  — наружный и внутренний (при полной оправке) диаметр оправки;  $\mu_a, \mu_B$  — коэффициенты Пуассона для материала заготовки и оправки (для чугуна  $\mu = 0,25$ , для стали  $\mu = 0,3$ ).

$$d_B = (d + T_o + i_{\min} + T_{\text{изг}} + T_{\text{изн}}) \quad (3.3)$$

где  $d$  и  $T_o$  — диаметр и допуск базового отверстия заготовки;  $T_{\text{изг}}$  и  $T_{\text{изн}}$  — допуски на изготовление и износ оправки.

Обычно выбирают  $T_{\text{изг}} = 0,01 \div 0,02$  мм;  $T_{\text{изн}} = 0,02 \div 0,03$  мм. Выбор мощности пресса производят по максимальному натягу  $i_{\max}$ .

Конструкции разжимных оправок отличаются от конструкции жестких оправок тем, что имеют подвижные элементы, перемещающиеся в радиальном направлении. На разжимную оправку заготовка устанавливается с зазором. Разжимающиеся элементы оправки фиксируют заготовку на ней, выбирая зазор между оправкой и заготовкой. По конструкции разжимные оправки различают цанговые, кулачковые, гидропластные, с гофрированными втулками, с тарельчатыми пружинами. В качестве примера на рис. 3.9 приведена цанговая разжимная оправка. Цанговые оправки обеспечивают точность центрирования заготовки до 0,02–0,04 мм.

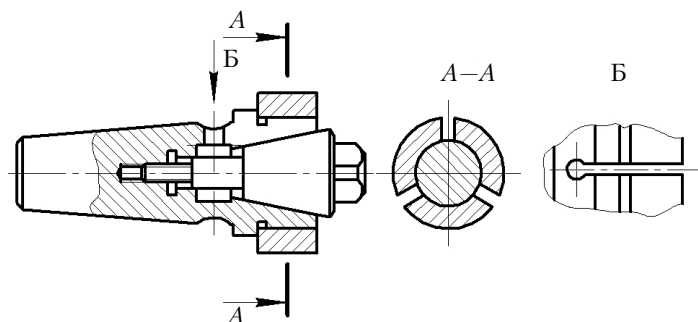
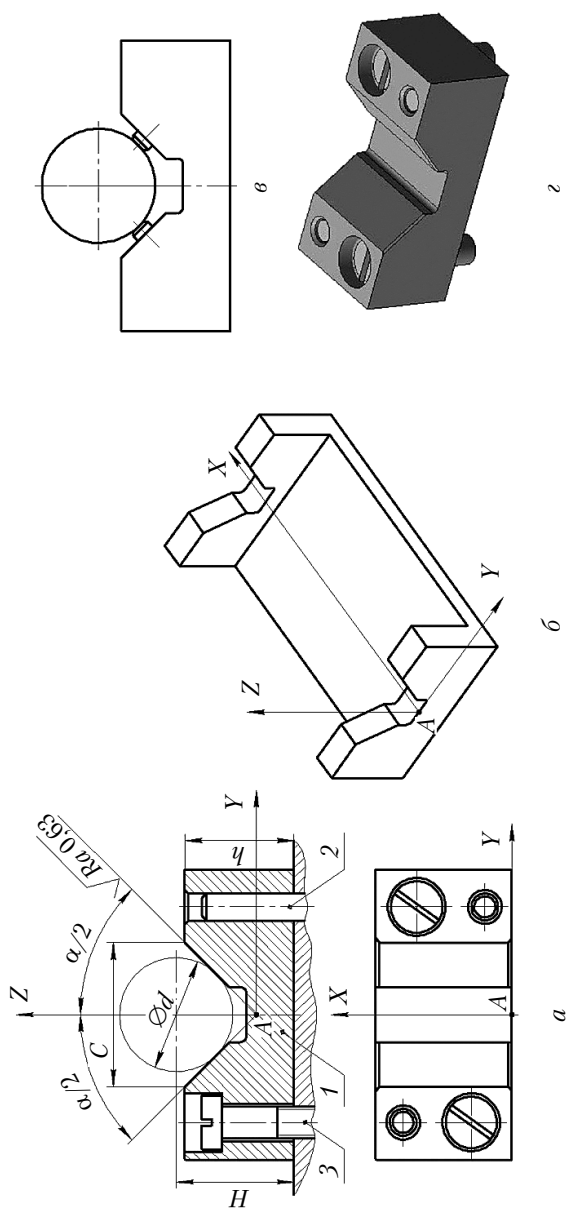


Рис. 3.9. Оправка цанговая

### 3.1.4. Установка заготовок на призмы

Призмой называется установочный элемент с двумя рабочими (исполнительными) поверхностями в виде паза, образованного двумя плоскостями, расположенными под углом  $\alpha$  друг к другу. Призмы могут использоваться как для установки заготовок



**Рис. 3.10.** Призмы:

*а* — для установки по короткой цилиндрической поверхности (1 — призма, 2 — штифт, 3 — винт), *б* — для установки по длинной цилиндрической поверхности; *в* — для установки по «черной» (необработанной) технологической базе; *г* — внешний вид призмы

по длинным цилиндрическим поверхностям, так и по коротким цилиндрическим поверхностям (рис. 3.10, *а*). Эти призмы стандартизованы по ГОСТ 12195–66.

Призма точно определяет положение оси заготовки *AZ* (рис. 3.10, *а*) в плоскости, перпендикулярной основанию призмы, вследствие совмещения ее с осью углового паза (основное свойство призмы). Эта ось заготовки и является технологической базой. Ось углового паза (призмы) считают ось, проведенную через точку *A* пересечения рабочих плоскостей перпендикулярно плоскости основания призмы. Для реализации основного свойства призмы необходимо при ее изготовлении обеспечивать очень жесткий допуск на симметричность рабочих плоскостей призмы относительно оси призмы.

Призма определяет также положение продольной оси заготовки *X*. В связи с этим важно точно определить положения призмы на корпусе приспособления в этом направлении. Поэтому положение призмы *1* (рис. 3.10, *а*) определяют с помощью двух контрольных штифтов *2* и фиксируют крепежными винтами *3*.

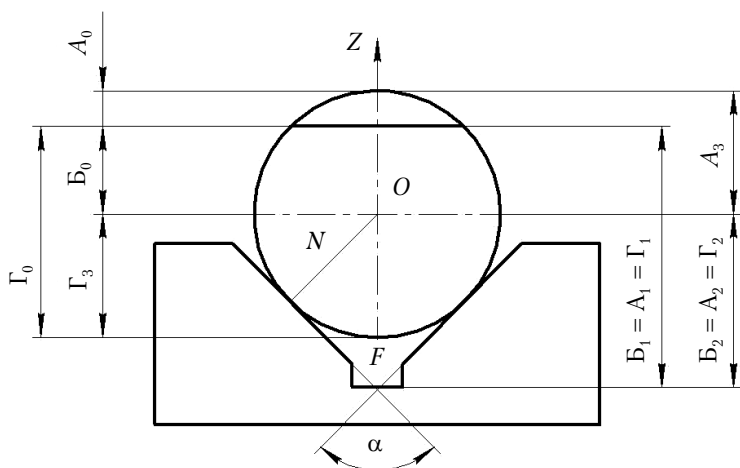
В приспособлениях используют призмы с углами  $\alpha$ , равными  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$ . Наибольшее распространение получили призмы с углом  $\alpha = 90^\circ$ . Призмы с углом  $\alpha = 120^\circ$  применяют, когда технологическая база заготовки представляет собой неполную цилиндрическую поверхность и нужно по ней определить положение оси детали. Заготовка, установленная на таких призмах, имеет небольшую устойчивость. Призмы с углом  $\alpha = 60^\circ$  применяют для повышения устойчивости заготовки, когда имеются значительные силы резания, действующие параллельно основанию призмы (вдоль оси *Y*).

При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой (рис. 3.10, *б*) или две соосно установленные призмы, которые после установки па корпусе шлифуют одновременно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности. Если по условиям обработки длинную заготовку необходимо поставить на несколько призм, то две из них делают жесткими (основные опоры), а остальные — подвижными (вспомогательные опоры).

При установке заготовок с обработанными технологическими базами применяют призмы с широкими опорными поверхностями, а с «черными» (необработанными) технологическими базами с узкими опорными поверхностями. Кроме этого, нередко для установки по черным базам применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы (рис. 3.10, *в*), тогда заготовки, имеющие искривленность оси, бочкообразность, седловидность и другие погрешности формы технологической базы, занимают в призме устойчивое и определенное положение.



При установке заготовок на призмы могут возникнуть различные погрешности. На рис. 3.11 показано образование погрешностей размеров при установке заготовки на призму вала для обработки лыски. Положение лыски в направлении оси  $Z$  конструктором может быть задано либо размером  $A$  от верхней образующей цилиндрической поверхности, либо размером  $B$  от оси цилиндрической поверхности, либо размером  $\Gamma$  от нижней образующей цилиндрической поверхности.



**Рис. 3.11.** Образование погрешности размера расположения лыски в направлении оси  $Z$  при установке заготовки на призму

Инструмент (в данном случае фреза) настраивается относительно поверхности установочного элемента определяющего положение заготовки в направлении формируемого размера (в данном случае точка пересечения плоскостей  $F$ ). Поэтому величина погрешности размеров  $A_0$ ,  $B_0$  и  $\Gamma_0$  в результате обработки лыски будет зависеть от допуска на расстояние от исполнительной поверхности фрезы до точки  $F$  (допуск на размер статической настройки  $TA_{с.п}$ , на рис. 3.11 этот размер обозначен как  $A_1$ ,  $B_1$  и  $\Gamma_1$ ). Вторым размером, влияющим на погрешность получаемого размера, является размер перехода с конструкторской размерной базы на технологическую базу (на рис. 3.11 это размеры  $A_3$  и  $\Gamma_3$ , для размера  $B_0$  конструкторская и технологическая базы совпадают). Третий размер, влияющий на точность размеров  $A_0$ ,  $B_0$  и  $\Gamma_0$ , — расстояние от технологической базы заготовки до установочного элемента приспособления ( $A_2$ ,  $B_2$  и  $\Gamma_2$ ). В результате размер расположения лыски

в зависимости от способа задания ее положения (принятой КРБ) будет равен

$$\begin{aligned} A_0 &= -A_1 + A_2 + A_3 = -A_{\text{с.н}} + \frac{D}{2 \cdot \sin \alpha / 2} + \frac{D}{2} = \\ &= -A_{\text{с.н}} + \frac{1}{2} \cdot D \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right). \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$B_0 = B_1 - B_2 = -B_{\text{с.н}} - \frac{D}{2 \cdot \sin \alpha / 2};$$

$$\begin{aligned} \Gamma_0 &= \Gamma_1 - \Gamma_2 + \Gamma_3 = \Gamma_{\text{с.н}} - \frac{D}{2 \cdot \sin \alpha / 2} + \frac{D}{2} = \\ &= \Gamma_{\text{с.н}} - \frac{D}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right). \end{aligned} \quad (3.5)$$

Вероятная погрешность размера расположения лыски  $\omega A_0, \omega B_0, \omega \Gamma_0$ :

$$\omega A_0 = TA_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2 \cdot \sin \alpha / 2} + \frac{TD}{2} = TA_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right); \quad (3.6)$$

$$\omega B_0 = TB_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2 \cdot \sin \alpha / 2}; \quad (3.7)$$

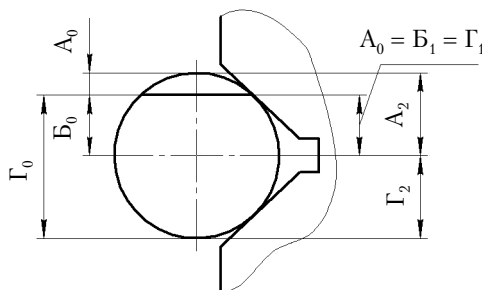
$$\omega \Gamma_0 = T\Gamma_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2 \cdot \sin \alpha / 2} - \frac{TD}{2} = T\Gamma_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right). \quad (3.8)$$

Таким образом, погрешности получаемых размеров детали зависят от погрешностей технологической базы заготовки, от угла и положения призмы. Конструктор может добиться повышения точности выполняемого размера, не меняя технологической базы, а изменяя положение заготовки относительно призмы. Например, если изменить взаимное расположение призмы, повернув одну из них на  $90^\circ$  (рис. 3.12), то, учитывая основное свойство призмы, погрешности размеров  $A_0, B_0$  и  $\Gamma_0$  будут равны

$$\omega A_0 = TA_{\text{с.н}} + \frac{TD}{2}; \quad (3.9)$$

$$\omega B_0 = TB_{\text{с.н}}; \quad (3.10)$$

$$\omega\Gamma_0 = \text{ТГУ} + \frac{TD}{2}. \quad (3.11)$$



**Рис. 3.12.** Образование погрешности размера расположения лыски при изменении положения призмы

### 3.1.5. Установка заготовок на пальцы

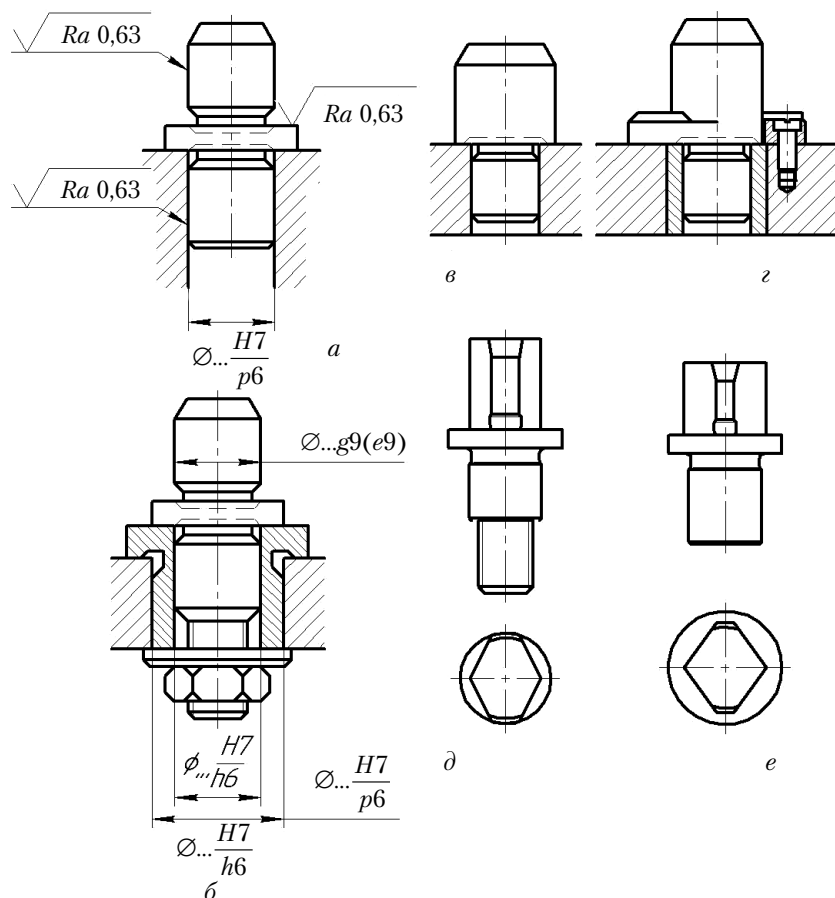
Пальцы используют для реализации двойной опорной базы. Конструктивные разновидности некоторых пальцев приведены на рис. 3.13. Конструкции пальцев стандартизованы ГОСТами:

- ГОСТ 12209–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные цилиндрические постоянные. Конструкция (рис. 3.13, *а, в*).
- ГОСТ 12211–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные цилиндрические сменные. Конструкция (рис. 3.13, *б*).
- ГОСТ 12210–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные срезанные постоянные. Конструкция (рис. 3.13, *е*).
- ГОСТ 12212–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные срезанные сменные. Конструкция (рис. 3.13, *д*).

Пальцы могут быть постоянными (рис. 3.13, *а, в, е*) или сменными (рис. 3.13, *б, г*). Конструкцию, представленную на рис. 3.13, *в*, применяют в том случае, когда установочную базу заготовки реализуют другими опорами (например, опорными пластинами (рис. 3.4, *в*)). В конструкциях, показанных на рис. 3.13, *а, б*, опорой служит буртик пальца. Диаметр рабочей поверхности пальца выполняют с отклонениями по посадкам *g5, g6, f6, f7, e 9, f9*. Пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали У8А, а свыше 16 мм — из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм, с последующей закалкой до твердости HRC 58–61.

В случаях когда значительные силы закрепления и резания изнашивают буртик быстрее пальца, вместо буртика применяют сменные шайбы (рис. 3.13, *г, 3.14, а*). При использовании пальцев

с буртиком необходимо особое внимание обращать на удобство очистки буртика от стружки. Для этого опорную поверхность буртика выполняют прерывистой (рис. 3.14, а).

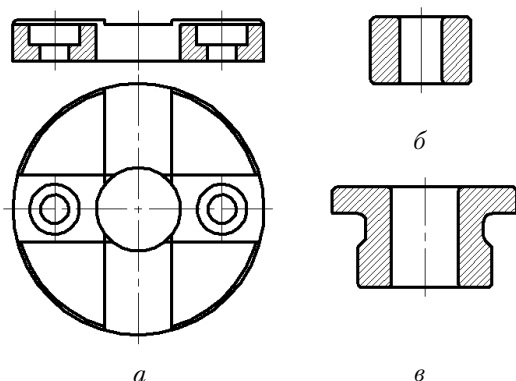


**Рис. 3.13.** Пальцы установочные

Для сменных пальцев применяют втулки для установочных пальцев с буртиком (ГОСТ 12214–66 (рис. 3.14, в)) и без буртика (ГОСТ 12215–66 (рис. 3.14, б)), которые устанавливаются в корпус приспособления, как правило, с натягом.

Пальцы установочные могут использоваться при реализации различных схем базирования, например, если в теоретическую схему базирования включены установочная база (плоскость)

и двойная опорная база (отверстие), или установочная база (плоскость), двойная опорная база (отверстие) и опорная база (отверстие). Возможны и другие варианты.



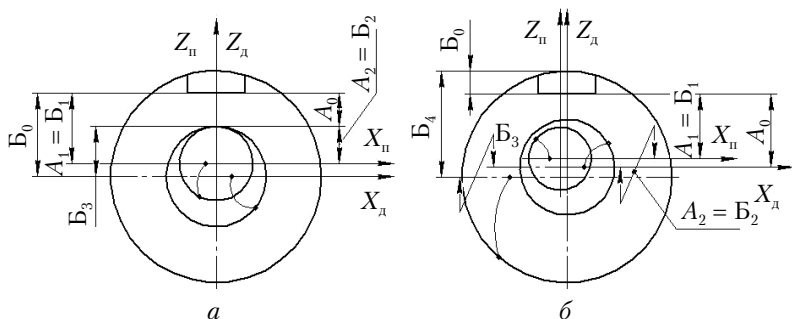
**Рис. 3.14.** Опорные шайбы (*а* — ГОСТ 17777–72) и переходные втулки к установочным пальцам (*б* — ГОСТ 12215–66, *в* — ГОСТ 12214–66)

Рассмотрим пример. Необходимо обработать паз в кольце (рис. 3.15). Разработанная теоретическая схема базирования включает установочную базу (торец кольца), двойную опорную базу (отверстие). Так как на палец заготовка всегда устанавливается с гарантированным зазором, на практике возможны два варианта: контакт образующей отверстия с пальцем гарантирован, когда ось пальца горизонтальна (рис. 3.15, *а*), и контакт образующей отверстия и пальца не гарантирован, когда ось пальца вертикальна (рис. 3.15, *б*).

В первом варианте (палец расположен горизонтально) необходимо выдержать размеры  $A_0$  и  $B_0$  (рис. 3.15, *а*). Из схемы видно, что размер  $A_0$  и его погрешность (вероятное поле рассеяния)  $\omega A_0$  могут быть определены следующим образом:

$$A_0 = A_1 - A_2; \quad \omega A_0 = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega_{\text{с.н}} + \frac{Td_n}{2} \quad (3.12)$$

где  $A_1$  — размер статической настройки (расстояние от режущих кромок фрезы до оси пальца);  $A_2$  — расстояние от оси до образующей пальца (установочного элемента);  $\omega_{\text{с.н}}$  — поле рассеяния статической настройки;  $Td_n$  — допуск на изготовление пальца.



**Рис. 3.15.** Два варианта установки заготовки на палец

Из схемы видно, что размер  $B_0$  и его погрешность  $\omega B_0$  могут быть определены следующим образом:

$$B_0 = B_1 - B_2 + B_3; \quad \omega B_0 = \omega B_1 + \omega B_2 + \omega B_3 = \omega_{\text{с.н}} + \frac{Td_n}{2} + \frac{TD_o}{2}, \quad (3.13)$$

где  $B_1 = A_1$  — размер статической настройки;  $B_2$  — расстояние от оси до образующей пальца;  $B_3$  — расстояние от образующей до оси базового отверстия;  $\omega_{\text{с.н}}$  — поле рассеяния статической настройки;  $Td_n$  — допуск на изготовление пальца;  $TD_o$  — допуск на изготовление базового отверстия (ТБ).

Во втором варианте (палец расположен вертикально (рис. 3.15, б)) необходимо выдержать либо размер  $A_0$  (расстояние от обрабатываемой поверхности до оси базового отверстия), либо размер  $B_0$  (расстояние от обрабатываемой поверхности до образующей наружного диаметра Б).

Из схемы на рис. 3.15, б видно, что размер  $A_0$  и его погрешность  $\omega A_0$  могут быть определены следующим образом:

$$A_0 = A_1 + A_2; \quad \omega A_0 = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega_{\text{с.н}} + \omega_y, \quad (3.14)$$

где  $A_1$  — размер статической настройки;  $A_2$  — расстояние от оси пальца (установочного элемента) до оси ТБ;  $\omega_{\text{с.н}}$  — поле рассеяния статической настройки;  $\omega_y$  — погрешность установки.

Погрешности установки ( $\omega_y$ ) в данном случае зависит от точности изготовления технологической базы  $Td_o$ , от точности изготовления установочного элемента (пальца)  $Td_n$ , а также от минимального зазора между пальцем и отверстием — погрешность вызванная неопределенностью базирования ( $\omega_{\text{н.б.}}$ ).

$$\omega_y = Td_n + Td_o + S_{\min} = S_{\max}. \quad (3.15)$$

Из схемы на рис. 3.15, б видно, что размер  $B_0$  и его погрешность  $\omega B_0$  могут быть определены следующим образом:

$$B_0 = -B_1 - B_2 - B_3 + B_4; \\ \omega B_0 = -\omega B_1 - \omega B_2 - \omega B_3 + \omega B_4 = \omega_{\text{с.н}} + \omega_y + e + \frac{TD_3}{2}, \quad (3.16)$$

где  $B_1 = A_1$  — размер статической настройки;  $B_2 = A_2$  — расстояние от оси пальца до оси ТБ;  $B_3$  — несоосность ТБ и наружного диаметра заготовки (эксцентриситет  $e$ );  $B_4$  — половина (радиус) наружного диаметра;  $TD_3$  — допуск на наружный диаметр заготовки.

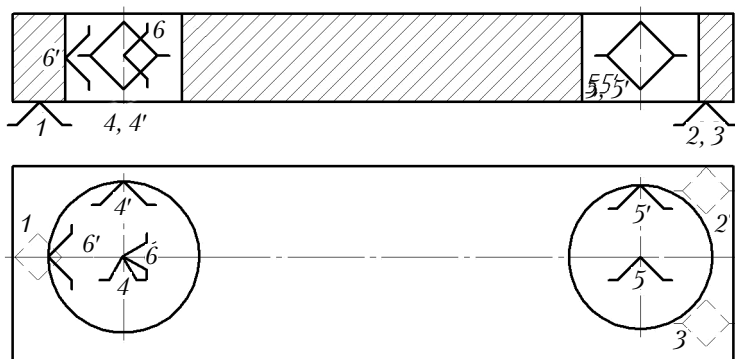
В этом случае погрешность  $e$  и  $TD_3$  являются погрешностями «выбора баз», так как они появляются из-за несовпадения ТБ (оси отверстия) с размерной конструкторской базой (образующей наружного диаметра) заготовки.

При обработке деталей типа корпусов, плит и т.п. малых и средних размеров широко используется установка заготовок по двум отверстиям и плоскости, перпендикулярной осям этих отверстий. Аналогично осуществляется базирование приспособлений — спутников на позициях автоматических линий. Теоретическая схема базирования для таких заготовок (рис. 3.16) включает установочную базу (плоскость — точки 1–3), двойную опорную (первое отверстие или его ось — точки 4 (4') и 6 (6')) и опорную базы (второе отверстие или его ось (точки 4 (4'))).

Для схемы базирования, представленной на рис. 3.16, при реализации плоскости в качестве установочной базы, как правило, применяют опорные пластины (см. рис. 3.3). Если в качестве двойной опорной базы принята ось отверстия, то в качестве установочного элемента применяют разжимные (самоцентрирующие) пальцы, пальцы под запрессовку или конусные подпружиненные (выдвижные) пальцы. Наиболее часто, для упрощения конструкции установочных элементов, применяют установку на два цилиндрических пальца с зазором или на один цилиндрический и один срезанный пальцы. Такой вариант обладает следующими достоинствами:

- заготовка лишается всех шести степеней свободы, обеспечивая при этом свободный доступ инструментов для обработки заготовки со всех сторон;
- создает предпосылки для реализации принципа единства баз;

- позволяет достаточно просто базировать заготовки и приспособления — спутники на поточных и автоматических линиях.



**Рис. 3.16.** Теоретическая схема базирования заготовки, реализуемая установкой на плоскость и два установочных пальца

При проектировании приспособлений с двумя пальцами перед конструктором всегда стоит задача определения диаметров пальцев, допусков на их изготовление и износ, допуска на межцентровое расстояние пальцев. При этом необходимо обеспечить возможность установки на два пальца любой заготовки с межцентровым расстоянием и диаметром отверстий в пределах заданного допуска, а также обеспечить требуемую точность получаемых на операции размеров и взаимного расположения поверхностей.

Диаметр одного из пальцев обычно задают равным номинальному размеру диаметра базового отверстия, а допуск назначают по  $f6$ ,  $f7$ ,  $e9$  в зависимости от точности отверстия. Диаметр второго пальца определяют исходя из возможности установки заготовки.

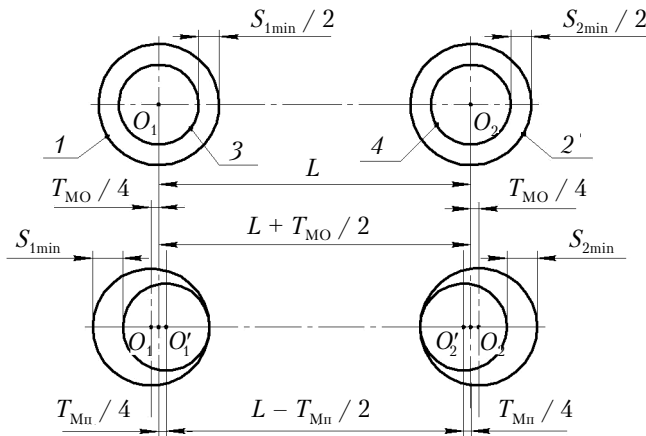
На рис. 3.17 показано положение базовых отверстий 1 и 2 и пальцев 3 и 4 при номинальном размере межцентрового расстояния между ними  $L$  для предельного случая, когда межцентровое расстояние отверстий выполнено по наибольшему предельному размеру  $L + \frac{T_{\text{м.о}}}{2}$ , межцентровое расстояние пальцев — по наимень-

шему предельному размеру  $L - \frac{T_{\text{м.п}}}{2}$ , а зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными —  $S_{1\min}$  и  $S_{2\min}$ . Тогда из схемы (см. рис. 3.17) можно определить условие установки заготовки на два цилиндрических пальца: она возможна, когда сумма минимальных зазоров в соединениях первого и второго пальцев



будет больше или равна сумме допусков на межцентровое расстояние между пальцами и базовыми отверстиями.

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq T_{L\phi} + T_{Ln}. \quad (3.17)$$



**Рис. 3.17.** Расчетная схема при установке заготовки на два цилиндрических пальца

Как правило, допуски на межцентровые расстояния пальцев и отверстий значительно шире допусков на их диаметры даже при равных качествах точности. Поэтому, чтобы выдержать данное условие, диаметр второго пальца приходится значительно уменьшать. Следовательно, необходимо увеличить минимальные зазоры в сопряжениях пальцев и отверстий, а это может привести к недопустимому снижению точности установки. Значительно повысить эту точность при сохранении возможности гарантированной установки любой заготовки из партии с межцентровым расстоянием базовых отверстий в пределах заданного допуска удастся, если второй палец будет срезанным (рис. 3.18).

Из схемы (см. рис. 3.18) видно, что срез пальца увеличивает зазор  $x$  в направлении общей оси двух базовых отверстий  $O_1, O_2$ , что позволяет расширить возможность установки на два отверстия. Конструктивные элементы срезанных пальцев (кроме исполнительного диаметра) должны быть выполнены по ГОСТ 12210–66. Поэтому при расчете диаметра срезанного пальца следует выбирать стандартную ширину цилиндрической ленточки  $b$ . Тогда условие

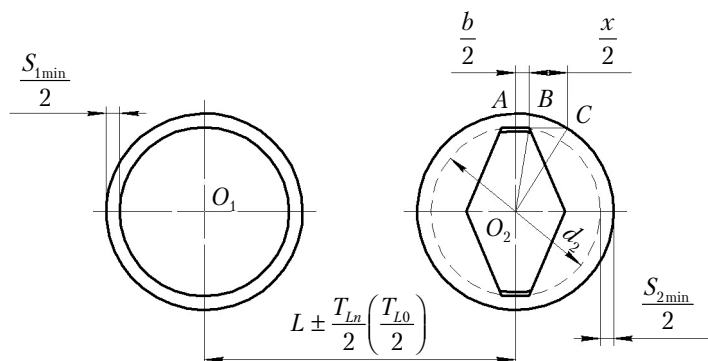
установки можно записать аналогично формуле  $A$ , заменив  $S_{2\min}$  на  $x$ :

Величина  $X$  определяется из схемы на рис. 3.18:

$$X = S_{2\min} \frac{d_2}{b}. \quad (3.18)$$

Тогда условие ( $A$ ) можно записать как

$$S_{1\min} + S_{2\min} \frac{d}{b} \geq T_{Ln} - T_{Lo} \quad (3.19).$$

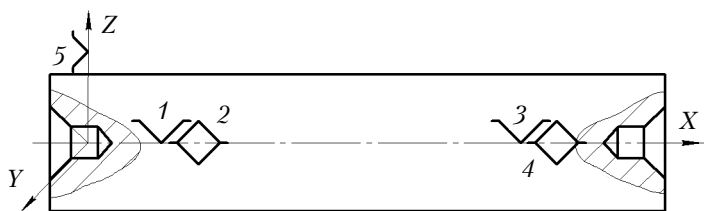


**Рис. 3.18.** Расчетная схема при установке заготовки на срезанный и цилиндрический пальцы

Это и есть условие, при котором обеспечивается возможность установки заготовки на цилиндрический и срезанный пальцы.

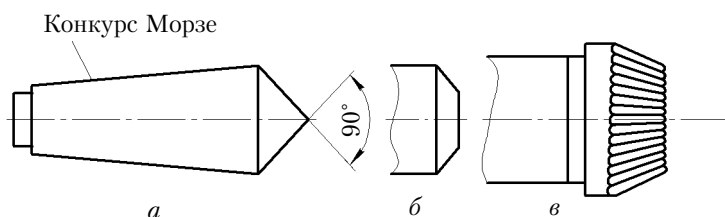
### 3.1.6. Установка заготовок по центровым отверстиям

При обработке валов, труб и других деталей — тел вращения часто применяют установку на конические поверхности специально выполненных центровых отверстий или фасок. Такая схема установки получила широкое распространение благодаря следующим преимуществам: простоте конструкции приспособления; отсутствию погрешности, связанной с несовмещением КРБ и ТБ для диаметральных размеров; обеспечению выдерживания принципа постоянства баз при обработке на различных операциях. Недостатком этой схемы является необходимость обработки у детали дополнительных поверхностей — центровых отверстий, которые называются искусственными базами. Теоретическая схема базирования приведена на рис. 3.19.



**Рис. 3.19.** Теоретическая схема базирования детали при установке ее по центровым отверстиям

При установке заготовки на два центровых отверстия (фаски) она лишена пяти степеней свободы: перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и вращения вокруг осей  $Y$  и  $Z$ . То есть ось цилиндрической поверхности является двойной направляющей базой и лишает деталь четырех степеней свободы. Вершина одного из конических (центровых) отверстий лишает деталь одной степени свободы и является опорной базой (точка 5). Для реализации такой схемы базирования в качестве установочных элементов используют жесткие и вращающиеся центры. Жесткие центры (рис. 3.20, а) устанавливают в шпиндель станка и пиноль задней бабки. Срезанные центры (рис. 3.20, б) применяют для установки труб и подобных деталей по коническим фаскам. Поводковый центр (рис. 3.20, в) обеспечивает передачу крутящего момента за счет внедрения рифлений в поверхности конической фаски. Такой центр обеспечивает передачу момента, необходимого для чистовых операций, но портит поверхность центрального отверстия заготовки.

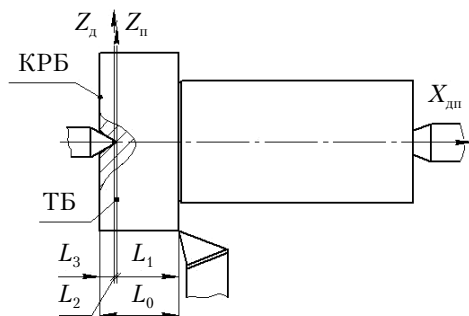


**Рис. 3.20.** Жесткие центры (ГОСТ 13214–67)

Рассмотрим погрешности конструкторских размеров, заданных вдоль оси детали, возникающие при установке на жесткие центры (рис. 3.21).

Из схемы, представленной на рис. 3.21 видно, что по оси  $X$  ТБ заготовки ( $X_d$ ) и ось центра приспособления ( $X_n$ ) совмещаются,

а в направлении оси  $Z$  ( $Z_d$  и  $Z_n$ ) такого совмещения нет. Тогда погрешность размера  $L_0$  будет определяться погрешностью статической настройки ТС ( $\omega L_1 = \omega_{с.н}$ ), погрешностью установки, которая возникает в результате несовпадения вершины конуса установочного элемента с вершиной конического отверстия (ТБ) — ( $\omega L_2 = \omega_y$ ), и погрешностью «выбора баз», которая появилась в результате несовмещения ТБ заготовки (вершины конуса центрального отверстия) с КРБ (торец детали). Погрешность «выбора баз» равна погрешности глубины центрального отверстия ( $\omega L_3 = \omega_{в.б}$ ).



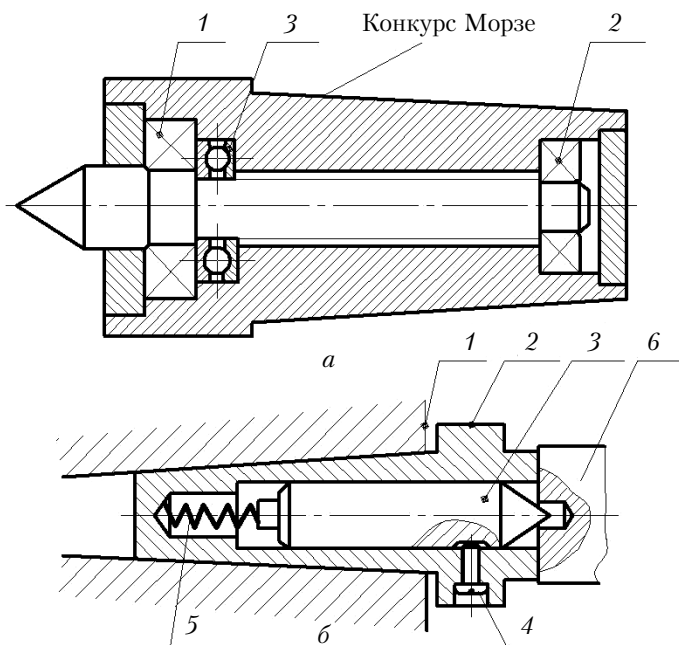
**Рис. 3.21.** Расчетная схема для определения погрешности, возникающей при установке заготовки в жесткие центра

$$\omega L_0 = \omega L_1 + \omega L_2 + \omega L_3 = \omega_{с.н} + \omega_y + \omega_{в.б} \quad (3.20)$$

В современных быстроходных токарных станках, а также при обработке тяжелых деталей в заднюю бабку ставится вращающийся центр (рис. 3.22, а). Вращающийся центр обладает пониженной по сравнению с жестким центром, жесткостью, но не изнашивается и не портит базовых поверхностей, так как вращается вместе с заготовкой. Вращающиеся центры бывают универсальные и специальные. Универсальные центры делают в виде самостоятельного устройства и используют в любом станке, имеющем конусное гнездо (ГОСТ 8742–75). Специальные центры делают заодно с пинолью задней бабки и применяют главным образом для тяжелых работ при обработке деталей больших размеров. Для вращающегося центра необходимо два радиальных подшипника 1 (рис. 3.22, а) и один упорный 2.

При необходимости точной ориентации заготовки по длине в шпиндель станка 1 устанавливается плавающий центр, схема которого приведена на рис. 3.22, б. При поджатии заготовки 6 задним

центром плавающий центр 3 утапливается в корпусе 2, сжимая пружину 5 до тех пор, пока торец детали не упрется в торец корпуса 2 (или в специальный упор). При этом независимо от глубины центрального отверстия, торцы всех заготовок в партии займут одно и то же положение, т.е. при использовании плавающего центра обеспечивается совмещение ТБ и КРБ детали, и погрешность установки будет складываться только из величины макронеровностей торца заготовки и установочного элемента.

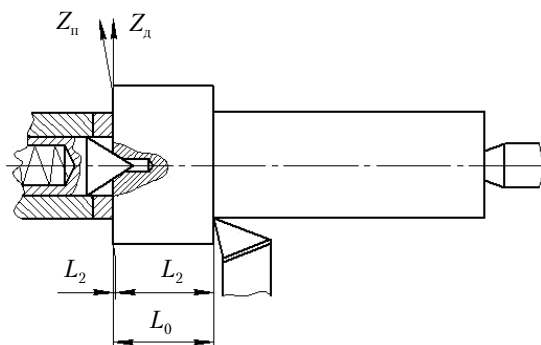


**Рис. 3.22.** Центры:

*a* — вращающийся (1, 2 — радиальные подшипники, 3 — упорный подшипник); *б* — плавающий (1 — шпиндель станка, 2 — корпус центра, 3 — центр, 4 — винт, 5 — пружина, 6 — заготовка)

Из схемы, приведенной на рис. 3.23, видно, что погрешность формирования размера  $L_0$  будет зависеть от погрешности статической настройки ТС ( $\omega L_1 = \omega_{\text{с.н}}$ ) и погрешности установки ( $\omega L_2 = \omega_y$ ), т.е.

$$\omega L_0 = \omega L_1 + \omega L_2 = \omega_{\text{с.н}} + \omega_y. \quad (3.21)$$



**Рис. 3.23.** Расчетная схема для определения погрешности, возникающей при установке заготовки на плавающий и жесткий центры

### *Вопросы для самоподготовки*

1. Для чего нужны установочные элементы?
2. Какие требования предъявляются к установочным элементам?
3. Какие материалы применяются при изготовлении установочных элементов?
4. Что такое опора? Какие есть виды опор? В каких ГОСТах приводятся основные конструкции и размеры опор?
5. Что такое основная и вспомогательные опоры?
6. Каково назначение вспомогательных опор?
7. Что такое самоустанавливающаяся опора?
8. Что такое и какова область применения подводимых опор?
9. Какие обозначения применяются для опор и установочных устройств?
10. Приведите теоретическую схему базирования цилиндрической заготовки с соотношением  $l / d \geq 1$ . При помощи каких установочных элементов и устройств реализуется эта схема в приспособлении?
11. Приведите теоретическую схему базирования цилиндрической заготовки с соотношением  $l / d < 1$ . При помощи каких установочных элементов и устройств реализуется эта схема в приспособлении?
12. Какие конструкции оправок применяются для установки цилиндрических заготовок по отверстию?
13. Как рассчитать размер оправки под запрессовку?
14. Для каких деталей используется установка на призму?
15. Какие особенности имеет схема базирования заготовки при установке ее на призму или призмы?
16. Перечислите разновидности призм.
17. Что такое палец? Какие есть виды пальцев? В каких ГОСТах стандартизованы конструкции и размеры пальцев?
18. Приведите теоретическую схему базирования заготовки при установке ее на плоскость и два пальца.

19. Приведите теоретическую схему базирования заготовки при установке ее на плоскость и один палец.
20. От чего зависит погрешность обработки при установке заготовки на плоскость и палец?
21. От чего зависит погрешность обработки при установке заготовки на плоскость и два пальца?
22. Как определяются диаметры пальцев при установке заготовки на плоскость и два цилиндрических пальца?
23. Как определяются диаметры пальцев при установке заготовки на плоскость, цилиндрический и срезанный палец?
24. Приведите теоретическую схему базирования заготовки при установке ее по центровым отверстиям.
25. Что такое центр? Какие есть разновидности центров? Какова их область использования?
26. Как определяется погрешность обработки в центрах?
27. Опишите конструкцию и область применения вращающихся центров; плавающих центров.

### **3.2. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

*В данном пункте раскрыты понятие зажимного механизма приспособления, требования к зажимным механизмам и их классификация, приведены методика и основные зависимости для расчета силы зажима заготовки в зависимости от схемы приложения сил, смещающих заготовку в процессе обработки. Рассмотрены наиболее часто встречающиеся зажимные механизмы, раскрыты методика и основные зависимости для расчета силы, которую должен развивать привод зажимного механизма для обеспечения заданной силы зажима заготовки.*

#### **3.2.1. Понятие зажимного механизма и предъявляемые к нему требования**

Зажимными называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки. Необходимость применения зажимных механизмов исчезает, если либо обрабатывают тяжелую, устойчивую заготовку, по сравнению с весом которой силы, возникающие в процессе обработки, малы, либо когда такие силы приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием. Таким образом, на практике встречаются два случая: когда нет необходимости применять зажимные механизмы (вес заготовки значительно превышает силы, возникающие в процессе обработки и стремящиеся нарушить ее положение, достигнутое при базировании) и когда сила резания направлена таким образом, что сама

закрепляет заготовку. В обоих случаях решение необходимо подтвердить расчетом.

К зажимным элементам предъявляются перечисленные ниже требования.

- При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое при базировании. Это обеспечивается корректным выбором направления и точки приложения силы зажима.
- Зажим не должен вызывать деформации закрепляемых заготовок или повреждения (смятия) их поверхностей.
- Сила зажима должна быть минимальной, но достаточной для обеспечения неизменного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки.
- Зажим и открепление заготовок должны производиться с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки рабочего не должно превышать 15 кгс (147 Н).
- Время срабатывания механизированного зажимного механизма должно быть минимальным (0,07–0,02 мин).
- 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 приложения силы зажима.

### **3.2.2. Методика расчета сил зажима**

В целом, расчет сил зажима может быть сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил.

Расчет сил резания производится в такой последовательности.

1. Выявление и анализ исходных данных.
2. Определение коэффициента запаса.
3. Выбор направления и точки приложения сил зажима.
4. Составление схемы действия сил на заготовку.
5. Расчет необходимой и достаточной силы зажима.

Выявление исходных данных для расчета необходимых сил зажима является первым и очень важным этапом проектирования зажимных механизмов. Исходными данными для расчета сил зажима являются:

- схема базирования заготовки;
- величина, направление и место приложения сил, возникающих при обработке;



- схема закрепления заготовки, т.е. направление и точка приложения зажимной силы.

Поэтому на первом этапе необходимо проанализировать, какие силы приложены к заготовке, и какие из них стремятся сместить ее из положения, достигнутого при базировании, а какие, наоборот, препятствуют этому смещению. К заготовке приложены сила тяжести и силы, возникающие в процессе обработки, а также искомые зажимные силы и реакции опор. При расчетах следует ориентироваться на такую стадию действия сдвигающих сил и моментов, при которой рассчитанные силы зажима получаются наибольшими.

Вес заготовки учитывается при расчете сил зажима, когда заготовку помещают на вертикально или наклонно расположенные установочные элементы, либо при закреплении заготовки в поворотных или кантовующихся приспособлениях. В процессе обработки вес заготовки изменяется, при этом нередко изменяется и положение ее центра тяжести, что необходимо учитывать при расчетах сил зажима. Центробежные силы возникают при смещении центра тяжести заготовки от оси ее вращения при обработке. Величина этих сил сопоставима с силами резания, особенно при скоростных методах обработки. Инерционные силы возникают и имеют существенное значение, когда заготовка движется возвратно-поступательно или при быстром изменении скорости движения (например, при применении тормоза на скоростных станках токарной группы и т.п.). Центробежные и инерционные силы рассчитывают по формулам теоретической механики. Силы трения в центрах, при выводе сверла и др. часто не учитывают из-за незначительности их величины по сравнению с другими силами.

Вообще говоря, силы резания по величине, направлению и месту приложения являются переменными. При неустановившемся режиме (врезание, выход инструмента) величина сил резания изменяется. Известен, например, эффект возрастания крутящего момента при выходе сверла из отверстия. При установившемся режиме их величина также подвержена колебаниям из-за непостоянства припуска и физико-механических свойств материала обрабатываемых деталей, затупления инструмента и других причин. При некоторых видах обработки (строгание, долбление, точение прерывистых поверхностей и т.п.) силы резания представляют собой нагрузку ударного характера.

После выявления направления и места приложения сил резания, возникающих при обработке, их рассчитывают по формулам теории резания металлов или выбирают по нормативам. Но с учетом их непостоянства при расчете сил зажима силы ре-

зания увеличивают, вводя коэффициент запаса  $K$  и гарантируя тем самым надежность закрепления заготовки. Коэффициент запаса, кроме нестабильности сил резания, учитывает еще ряд факторов, возникающих при обработке, которые могут привести к увеличению действующих внешних сил, например, неоднородность материала заготовок, затупление режущих инструментов, изменение положений опорных реакций в результате отклонений в пределах допусков реальных технологических баз от геометрически правильной формы и т.п. Коэффициент запаса определяется в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, при этом он должен учитывать все факторы, возникающие при обработке. Именно поэтому величину  $K$  определяют как произведение ряда первичных коэффициентов:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.22)$$

где  $K_0 = 1,5$  — гарантированный коэффициент запаса;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок (при черновой обработке  $K_1 = 1,2$ , при чистовой и отделочной обработке —  $K_1 = 1,0$ );  $K_2$  — коэффициент, учитывающий затупление инструмента;  $K_3$  — коэффициент, учитывающий ударную нагрузку на инструмент (при обработке прерывистых поверхностей  $K_3 = 1,2$ );  $K_4$  — коэффициент, учитывающий стабильность силового привода (при ручном приводе  $K_4 = 1,3$ , механизированном  $K_4 = 1,0$ );  $K_5$  — коэффициент, характеризующий зажимные механизмы с ручным приводом (при удобном зажиме  $K_5 = 1$ , при неудобном  $K_5 = 1,2$ );  $K_6$  — коэффициент, учитывающий определенность расположения опорных точек при смещении заготовки моментом сил (при установке на опоры с ограниченной поверхностью контакта (опоры постоянные, пластины)  $K_6 = 1$ , при установке на опоры с неограниченной в пределах базы зоной контакта (опоры — шайбы)  $K_6 = 1,5$ ).

Далее производится выбор направления и точки приложения силы зажима. Существуют правила выбора точки приложения и направления силы зажима (закрепления).

Правила выбора направления силы зажима.

1. Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов, чтобы обеспечить контакт с ними технологической базы заготовки.

2. При базировании по нескольким базовым поверхностям сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта. Если

один из установочных элементов — плоскость, то силу закрепления направляют на плоскость.

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

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

В практике редко можно выбрать направление силы зажима, удовлетворяющее всем этим правилам. В этих случаях необходимо искать компромиссные решения. При обработке легких заготовок в первую очередь следует учитывать силы резания, а весом можно пренебречь. При обработке тяжелых заготовок важно учитывать их вес, так как в ряде случаев его достаточно для обеспечения неподвижности заготовки и ее зажим не требуется.

Выбору рационального направления силы зажима способствует введение жестких упоров в силовую схему закрепления заготовки. Упоры воспринимают действующие на заготовку силы и позволяют уменьшить необходимую величину силы зажима или изменить ее направление. Упоры применяют в двух случаях.

1. В процессе обработки параллельно поверхности установочных элементов действуют большие силы сдвига. Например (рис. 3.24, б), на ступенчатом валу 1, установленном на призмах 2, фрезеруется лыска. Сила резания  $P$  действует параллельно плоскости призмы. Без осевого упора 3 для обеспечения неподвижности заготовки потребуется большая сила  $Q$ , которая может привести к смятию базовых поверхностей заготовки. При использовании осевого упора 3, воспринимающего силу резания, сила  $Q$  может быть значительно уменьшена, а при необходимости можно изменить и ее направление на  $Q'$ .

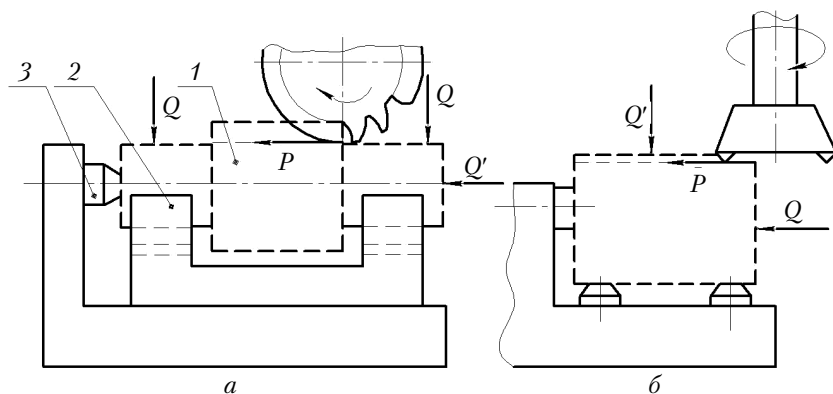
2. При обработке без упора заготовка не имеет поверхности, способной воспринять силу зажима. Например (рис. 3.24, б), фрезеруется верхняя плоскость призматической детали. Без упора единственно возможное направление силы зажима  $Q'$  не может быть осуществлено, так как вся верхняя плоскость должна быть обработана. Применение упора позволяет выбрать направление зажимной силы  $Q$  и надежно закрепить заготовку.

Правила выбора точки приложения силы закрепления.

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

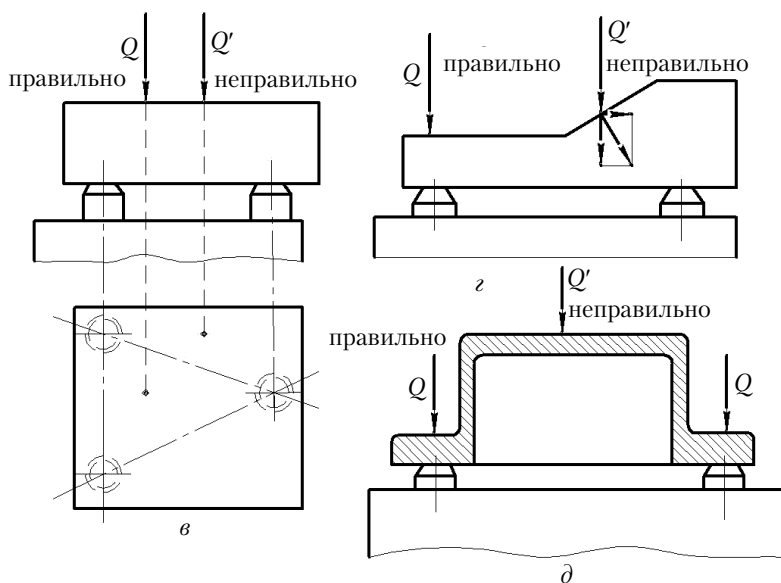
- проецировалась на установочный элемент, по возможности ближе к его центру, или в многоугольник, образованный линиями, соединяющими установочные элементы (рис. 3.25, а);

- лежала на участке поверхности заготовки, параллельной поверхности установочного элемента, воспринимающего силу зажима (рис. 3.25, б).



**Рис. 3.24.** Выбор направления силы зажима

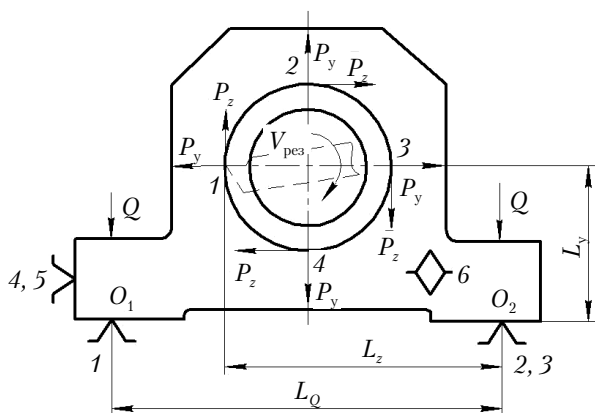
2. Сила зажима с реакциями опор не должна создавать изгибающих моментов во избежание деформаций заготовки и появления погрешности закрепления (рис. 3.25, в).



**Рис. 3.25.** Выбор точки приложения силы зажима

3. Точка приложения силы зажима должна быть расположена как можно ближе к месту обработки, особенно для нежестких заготовок.

Приведем пример расчета силы зажима. На рис. 3.26 приведена схема базирования корпуса на операции растачивания отверстия. Необходимо определить силу зажима заготовки. Смещающее воздействие на заготовку при обработке оказывают силы резания. При этом необходимо учесть, что на каждом обороте борштанги силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$  не только меняют место приложения (вместе с вершиной резца), но изменяют и направление действия. На рис. 3.26 приведены положения борштанги, когда вершина резца последовательно находится в точках 1–4. При расположении резца в точках 1 и 2 сила  $P_Z$  отрывает заготовку от опорной точки  $O_1$ , проворачивая ее вокруг точки  $O_2$ ; когда резец находится в точке 4, та же сила  $P_Z$  отрывает заготовку от опорной точки  $O_2$ , проворачивая ее вокруг точки  $O_1$ . В связи с этим возникает необходимость определить такой момент обработки, когда силы резания оказывают максимальное сдвигающее воздействие на заготовку.



**Рис. 3.26.** Схема для расчета силы зажима заготовки

Следуя приведенным выше правилам, принимаем точки приложения и направления сил зажима так, как показано на рис. 3.26. Тогда условие равновесия заготовки может быть описано уравнением моментов относительно опорной точки  $O_2$ :

$$M_{O_2}(P_Z) + M_{O_2}(P_Y) + M_{O_2}(Q) = 0, \quad (3.23)$$

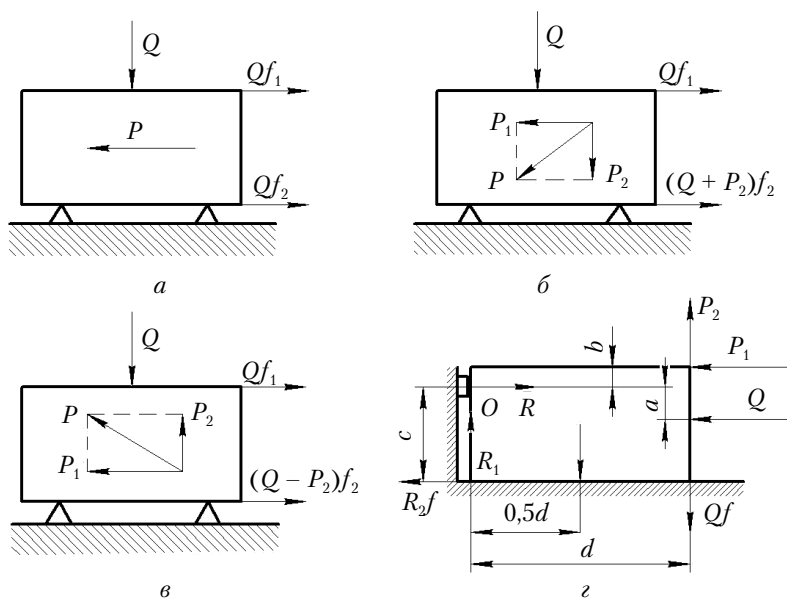
где  $M_{O_2}(P_Z) = \pm P_Z \cdot l_z$ ;  $M_{O_2}(P_Y) = \pm P_Y \cdot l_y$ ;  $M_{O_2}(Q) = \pm Q \cdot L_Q$ .

Тогда необходимую величину силы зажима  $Q$  с учетом коэффициента запаса можно определить из следующего выражения:

$$Q = K \cdot \frac{\pm P_z \cdot l_z \pm P_y \cdot l_y}{L_Q}. \quad (3.24)$$

Используя это выражение, можно для различных положений борштанги определить необходимую силу зажима  $Q$ . Максимальное значение  $Q$ , полученное в этих расчетах, и будет искомым для проектирования зажимного механизма.

Схемы действия сил резания и соответствующие им силы зажима, предотвращающие поступательное перемещение заготовки, показаны на рис. 3.27, *a–z*.



**Рис. 3.27.** Схема для расчета сил зажима, препятствующих смещению заготовки

Для схемы действия сил, представленной на рис. 3.27, *a*, условие равновесия заготовки с учетом коэффициента запаса можно записать следующим образом (весом здесь и в случаях, представленных на рис. 3.27, *б* и 3.27, *в*, пренебрегаем):

$$K \cdot P - f_1 \cdot Q - f_2 \cdot Q = 0, \quad (3.25)$$

где  $P$  — сила резания;  $K$  — коэффициент запаса;  $f_1, f_2$  — коэффициенты трения в контакте «заготовка — зажимной элемент» и «заготовка — установочный элемент».

Из этого уравнения равновесия можно получить выражение для силы зажима заготовки

$$Q = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}. \quad (3.26)$$

Для схемы на рис. 3.27, б соответствующие зависимости будут выглядеть следующим образом:

$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q + P_2) \cdot f_2 = 0; \text{ и } Q = \frac{KP_1 - P_2 f_2}{f_1 + f_2}, \quad (3.27)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — вертикальная (перпендикулярная установочной плоскости) и горизонтальная (параллельная установочной плоскости) составляющие силы резания

Для схемы на рис. 3.27, в получаем следующие зависимости:

$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q - P_2) \cdot f_2 = 0 \text{ и } Q = \frac{KP_1 + P_2 f_2}{f_1 + f_2}. \quad (3.28)$$

Рассмотрим случай с применением упора и учетом веса заготовки  $G$  (рис. 3.27, з), когда к заготовке приложены силы резания  $P_1$  и  $P_2$ , определение силы зажима ведем, пользуясь следующими рассуждениями. Под действием сил резания  $P_1$  и  $P_2$  заготовка стремится повернуться против часовой стрелки вокруг точки  $O$ . Этому препятствуют следующие силы и их моменты:

- $G$  — вес заготовки;
- $f \cdot Q$  — сила трения между заготовкой и зажимным элементом;
- $f \cdot R_1$  — сила трения между заготовкой и установочным элементом ( $R_1$  — реакция опоры).

Повороту будут препятствовать моменты от силы трения  $fR_1$ , веса заготовки, силы трения  $fQ$  силы зажима  $Q$ . Вес  $G$  действует на плече  $0,5d$  от точки  $O$ . Для упрощения считаем, что коэффициенты трения одинаковые.

Для определения реакции  $R_1$ , определим сумму проекций всех сил на вертикальную ось

$$G + f \cdot Q - P_2 - R_1 = 0, \text{ тогда } R_1 = G + f \cdot Q - P_2. \quad (3.29)$$

Для определения необходимой силы закрепления  $Q$  составим уравнение моментов относительно точки  $O$ .

$$f \cdot R_1 \cdot c + G \cdot 0,5d + f \cdot Q \cdot d + Q \cdot a - K \cdot P_2 \cdot d - K \cdot P_1 \cdot b = 0. \quad (3.30)$$

В это уравнение подставим выражение для  $R_1$ :

$$f \cdot G \cdot c + f^2 \cdot Q \cdot c - f \cdot P_2 \cdot c + G \cdot 0,5d + f \cdot Q \cdot d + Q \cdot a - K \cdot P_2 \cdot d - K \cdot P_1 \cdot b = 0. \quad (3.31)$$

Отсюда получаем выражение для определения необходимой силы зажима

$$Q = \frac{K \cdot P_1 \cdot b + K \cdot P_2 \cdot d + f \cdot G \cdot c - f \cdot P_2 \cdot c + G \cdot 0,5d}{f^2 \cdot c + f \cdot d + a}. \quad (3.32)$$

Схемы для расчета силы зажима, предотвращающей проворачивание заготовки под действием момента резания  $M_{\text{рез}}$ , показаны на рис. 3.28. На заготовку, закрепленную в трехкулачковом патроне, действует момент резания  $M_{\text{рез}}$  (рис. 3.28, *a*), которому противодействует момент трения между кулачками и заготовкой. Условие равновесия можно записать в виде следующего уравнения:

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f \cdot R_1 = 0. \quad (3.33)$$

где  $f$  — коэффициент трения между кулачком и поверхностью заготовки;  $R_1$  — радиус заготовки, мм.

Тогда силу зажима можно определить по зависимости:

$$Q = \frac{KM_{\text{рез}}}{f R_1}. \quad (3.34)$$

Если осевая сила  $P_x$  велика и заготовка не имеет упора торцом, необходима дополнительная сила трения, которая будет препятствовать осевому сдвигу заготовки. Тогда сила зажима будет определяться из зависимости:

$$Q = \frac{KM_{\text{рез}}}{f R_1} + \frac{K P_x}{f}. \quad (3.35)$$

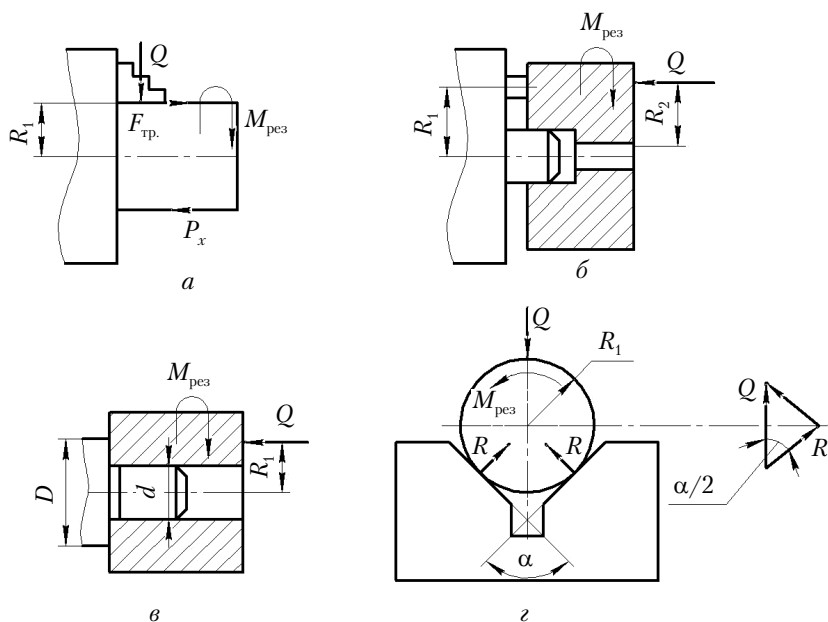
Если заготовка установлена на палец и прижата к трем точечным опорам несколькими прихватами (рис. 3.28, *б*), то при действии



$M_{\text{рез}}$  она удерживается от проворота моментами трения в контактах «опоры — заготовка» и «прихваты — заготовка». Считая реакции на опорах равными между собой, условие равновесия можно записать в виде следующего уравнения:

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f_1 \cdot R_2 - Q \cdot f_2 \cdot R_1 = 0. \quad (3.36)$$

где  $f_1, f_2$  коэффициенты трения в контактах «прихваты — заготовка» и «опоры — заготовка»,  $R_2, R_1$  — плечи действия сил, мм.



**Рис. 3.28.** Схемы для расчета сил зажима, препятствующих провороту заготовки под действием сил резания

Тогда величина силы зажима будет равна:

$$Q = \frac{K \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_2 + f_2 \cdot R_1}. \quad (3.37)$$

На схеме (рис. 3.18, в) заготовка установлена на оправку и удерживается от проворота моментами трения на кольцевой площадке бурта оправки и между зажимом и заготовкой. Условие равновесия

будет (при равномерном распределении силы по кольцевой площадке) выражено уравнением:

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - Q \cdot f_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = 0. \quad (3.38)$$

Откуда получим выражение для расчета силы зажима:

$$Q = \frac{K \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \cdot f_2}. \quad (3.39)$$

Пусть заготовка установлена на призму с углом  $\alpha$  (рис. 3.18, г). Если на торце заготовки нет сил трения, условие равновесия будет выражено следующим уравнением:

$$K \cdot M_{\text{рез}} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - 2 \cdot R \cdot f_2 \cdot R_1 = 0. \quad (3.40)$$

где  $f_1, f_2$  коэффициенты трения в контактах «зажимной элемент — заготовка» и «призма — заготовка»;  $R_1$  — плечо действия сил трения (радиус ТБ заготовки), мм;  $R$  — реакция опоры (призмы), Н:

$$R = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (3.41)$$

где  $\alpha$  — угол призмы, град.

Тогда сила зажима составит

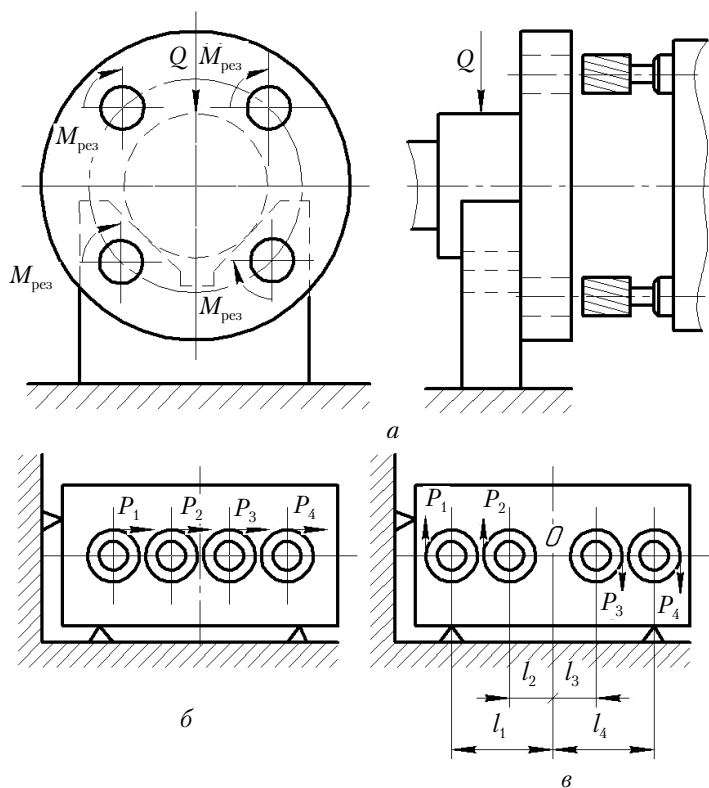
$$Q = \frac{K \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_1 \cdot \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}}. \quad (3.42)$$

При действии значительной осевой силы  $P_x$  (кроме  $M_{\text{рез}}$ ) и отсутствии упора сила зажима будет определяться по зависимости:

$$Q = \frac{K \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_1 + f_2 \cdot R_1 \cdot \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}} + \frac{K \cdot P_x}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}}. \quad (3.43)$$

Сила зажима, предотвращающая смещение заготовки под действием нескольких одновременно действующих моментов, показана

на рис. 3.29. Такая схема сил резания характерна для многшпиндельных агрегатных и расточных станков, при обработке отверстий мерным инструментом. При малой радиальной жесткости инструмента на заготовку действует момент, равный сумме моментов, действующих на отдельные инструменты (рис. 3.29, *а*). Под действием этого суммарного момента заготовка стремится провернуться вокруг той оси, где момент трения наименьший. Если заготовка прикреплена хвостовиком к призме, то для расчета силы зажима можно применить формулу, полученную для случая, представленного на рис. 3.28, *г*. Если заготовка установлена на торец и удерживается моментом трения на торцах (в контактах «прихваты — заготовка» и «опоры (опора) — заготовка»), то в зависимости от схемы установки можно воспользоваться формулами для схем, представленных на рис. 3.28, *б* или 3.28, *в*.



**Рис. 3.29.** Схемы для расчета сил при многоинструментальной обработке

На рис. 3.29, б представлена схема растачивания нескольких отверстий одновременно однорезцовыми оправками. В зависимости от взаимного углового положения резцов в неблагоприятном случае может возникнуть максимальная сдвигающая сила (как показано на рис. 3.29, б):

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (3.44)$$

или максимальный суммарный момент:

$$M = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 + P_4 \cdot l_4. \quad (3.45)$$

Для данной схемы установки расчет силы зажима необходимо вести по двум схемам, а для дальнейших расчетов — использовать максимальную из рассчитанных сил зажима.

Если же отверстия на рис. 3.29, в будут растачиваться многорезцовыми головками, то суммарный крутящий момент будет стремиться повернуть деталь вокруг точки  $O$ .

При расчете силы зажима необходимо ориентироваться на самую неблагоприятную фазу изменения сил резания.

Зажим заготовки производится при помощи зажимных механизмов приспособлений. Существует несколько классификации зажимных механизмов приспособлений.

Зажимные механизмы подразделяют на простые и комбинированные. К простым (или элементарным) механизмам относятся: винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные, шарнирно-рычажные, пружинные. Комбинированные зажимные механизмы состоят из двух-трех сблокированных последовательно простых механизмов.

По числу точек приложения силы зажима механизмы различают единичные и многократные (многозвенные). Многократные механизмы зажимают одну деталь по нескольким точкам или несколько деталей одновременно и с равными силами.

По степени механизации зажимные механизмы бывают ручные (требующие применения мускульной силы рабочего и, соответственно, утомляющие его; такие механизмы применяют в единичном и мелкосерийном производствах), механизированные (работающие от силового привода, в связи с этим их нередко называют механизмами-усилителями; они применяются в основном в серийном и массовом производствах), автоматизированные (приводящиеся в действие перемещающимися частями станков, силами резания или центробежными силами вращающихся масс; такие механизмы осуществляют зажим и раскрепление заготовки без

участия рабочего; они применяются в крупносерийном и массовом производствах).

Различают также зажимные и установочно-зажимные механизмы. Установочно-зажимные механизмы применяют для повышения точности положения координатной системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке. Такие механизмы выполняют одновременно функции установочных и зажимных элементов.

Одной из задач, возникающих при конструировании приспособления, — по известной силе зажима  $Q$  установить тип и основные размеры зажимного устройства и определить силу, развиваемую приводом. Для любого зажимного механизма можно записать уравнения сил и перемещений:

$$Q = W \cdot i; S_Q = S_W \cdot i_{\Pi}, \quad (3.46)$$

где  $W, S_W$  — сила и перемещение, передаваемые от силового привода зажимному механизму;  $i, i_{\Pi}$  — передаточные отношения сил и перемещений, характеризующие конструктивные параметры зажимного механизма;  $S_Q$  — перемещение (ход) исполнительного звена механизма.

Передаточные отношения комбинированных зажимных механизмов, состоящих из  $n$  элементарных механизмов, по силе  $i_K$  и по перемещению определяют как произведение входящих в них простых:

$$i_K = \prod_{g=1}^n i_g; i_{nK} = \prod_{g=1}^n i_{ng}, \quad (3.47)$$

где  $i_g, i_{ng}$  — передаточные отношения элементарных зажимных механизмов соответственно по силе и по перемещению;  $n$  — число простых механизмов, входящих в комбинированный.

Уравнения (3.46) для таких механизмов принимают вид

$$Q = W \cdot \prod_{g=1}^n i_g; S_Q = S_W \cdot \prod_{g=1}^n i_{ng}. \quad (3.48)$$

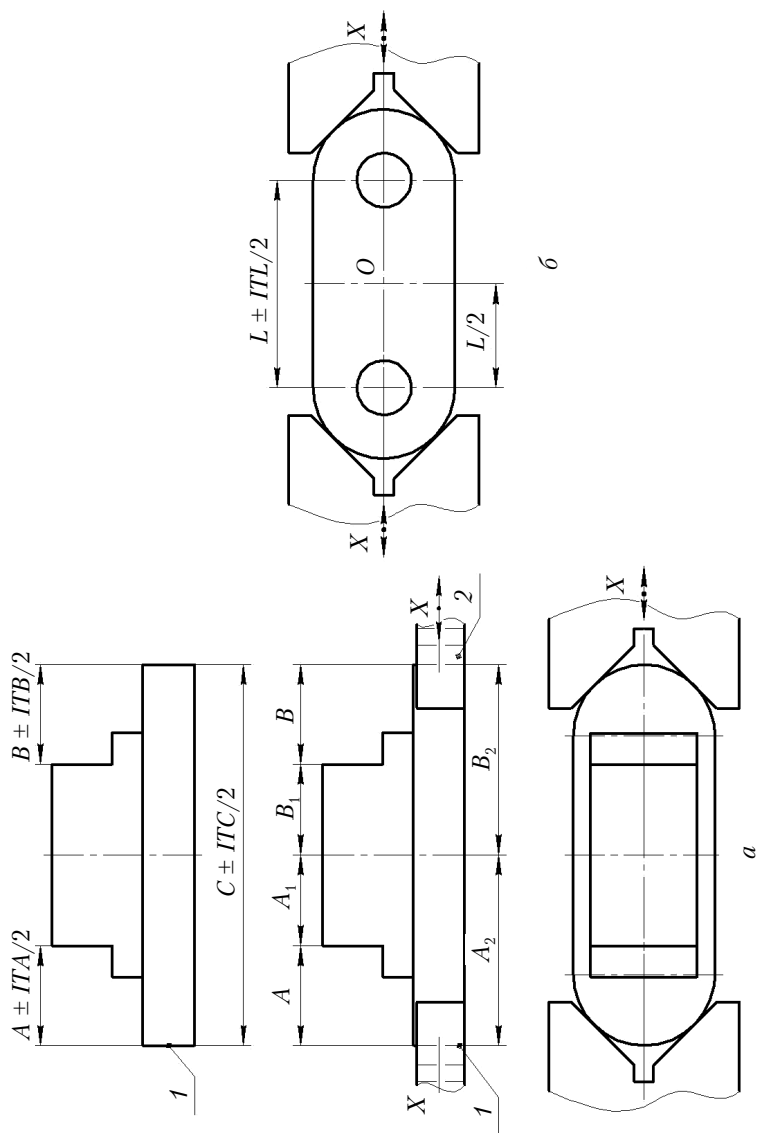
Для правильного выбора типа зажимного механизма и расчета его конструктивных параметров необходимо для всех разновидностей механизмов иметь развернутые уравнения. Чтобы их получить, определяют передаточные отношения каждого механизма через его конструктивно-размерные параметры. Для чего сначала надо рассмотреть принцип действия этих механизмов.

Установочно-зажимные механизмы выполняют в приспособлении одновременно функции установочных и зажимных элементов. Поэтому установочные элементы в механизме должны быть подвижными в направлении зажима, а для сохранения установочных свойств закон их относительного движения должен быть задан и реализован в конструкции приспособления с достаточной точностью. Установочно-зажимные механизмы могут быть ориентирующие (рис. 3.30, *а* и 3.31, *а*), определяющие одну плоскость симметрии детали и самоцентрирующие (рис. 3.30, *б* и 3.31, *б*), определяющие две взаимно перпендикулярные плоскости.

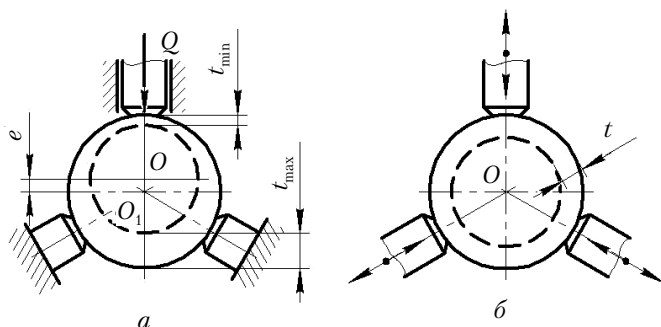
Принцип действия ориентирующего механизма поясняет схема, представленная на рис. 3.30, *а*. Два элемента 1 и 2 перемещаются в направлении  $X$ . На их движение накладывают три условия: разнонаправленность, одновременность, равная скорость. При проектировании и изготовлении приспособления положение этой плоскости точно выдерживается относительно какой-либо поверхности корпуса, а при установке заготовки в приспособлении добиваются совмещения с нею соответствующей координатной плоскости ТБ заготовки.

Принцип действия самоцентрирующего механизма поясняют схемы, приведенные на рис. 3.30, *б* и 3.31. Для определения положения двух взаимно перпендикулярных координатных плоскостей ТБ в механизме необходимо иметь не менее трех элементов, перемещающихся к центру  $O$  или от него одновременно и с одинаковой скоростью (см. рис. 3.31), при этом они реализуют ось поверхности в качестве технологической базы. При двух перемещающихся элементах их следует выполнить в виде призм (рис. 3.20, *б*).

Самоцентрирующие механизмы применяют в тех случаях, когда требуется обеспечить высокую точность размеров, заданных на детали от оси. Например, на рис. 3.31 показаны два варианта установки заготовки, которые могут использоваться при обтачивании на детали цилиндрической шейки. В первом варианте два кулачка в патроне неподвижны, третий зажимает заготовку. При этом за счет погрешности базового диаметра (ТБ) образуется несоосность  $e$  обрабатываемого и базового диаметров, что, кроме снижения точности обработки, приводит еще и к неравномерности глубины. Во втором варианте использован самоцентрирующий механизм, при использовании которого ось базовой поверхности совмещается с осью самоцентрирующего механизма. Кроме более высокой точности соосности, применение самоцентрирующего механизма обеспечивает более равномерную глубину резания  $t$ , в результате чего сокращается необходимый минимальный припуск на обработку.



**Рис. 3.30.** Принципиальные схемы ориентирующего (а) и самоцентрирующего (б) механизмов



**Рис. 3.31.** Варианты установки по цилиндрической поверхности при обтачивании на детали цилиндрической шейки:  
*а* — ориентирующий механизм; *б* — самоцентрирующий механизм

Погрешность установки заготовки в самоцентрирующем приспособлении называют погрешностью центрирования, так как она проявляется в виде несовпадения осей обработанной и базовой поверхностей. Возникает она в результате неточности изготовления и износа деталей механизма самоцентрирования.

### 3.2.3. Конструкции и расчет сил зажима и передаточных отношений зажимных механизмов

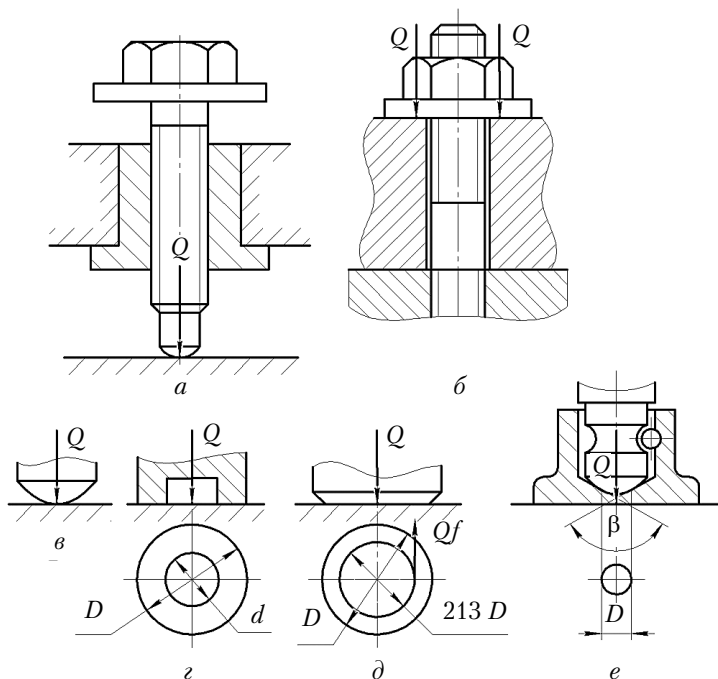
По механизму формирования усилия зажима различают следующие механизмы: винтовые, рычажные, шарнирно-рычажные, клиновые, плунжерные, эксцентриковые и др.

**Винтовые механизмы.** Винтовые механизмы широко используют в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, с механизированным приводом, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. Достоинством их является простота конструкции, невысокая стоимость и высокая надежность в работе. Винтовые механизмы используют как для непосредственного зажима, так и в комбинированных зажимных механизмах в сочетании с другими механизмами. Непосредственный зажим осуществляется либо винтом при неподвижной резьбовой втулке (рис. 3.32, *а*), либо гайкой при неподвижной шпильке (рис. 3.32, *б*). Силу на рукоятке  $W$ , необходимую для создания силы зажима  $Q$ , можно рассчитать по следующей формуле



$$W = Q \cdot \frac{r_{\text{cp}}}{l} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_1), \quad (3.49)$$

где  $r_{\text{cp}}$  — средний радиус резьбы, мм;  $l$  — вылет ключа, мм;  $\alpha$  — угол подъема резьбы;  $\varphi_1$  — угол трения в резьбовой паре.



**Рис. 3.32.** Схемы винтовых зажимов и варианты конструкций пят зажимных винтов

При расчете силы, развиваемой винтовым зажимом, необходимо учитывать дополнительные потери на трение в месте контакта винта (гайки) с заготовкой. Условие равновесия винта (гайки) в этом случае можно записать в следующем виде:

$$W_l = Q \cdot r_{\text{cp}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_1) + M_{\text{тр}}, \quad (3.50)$$

где  $M_{\text{тр}}$  — момент трения на опорном торце винта (гайки).

Величина  $M_{\text{тр}}$  зависит от конструкции пяты зажимного винта. На рис. 3.32, в-е, приведены варианты конструкций пят зажимных винтов.

Для винтов со сферической пятой условно винт контактирует с заготовкой в точке (рис. 3.32, *в*), поэтому  $M_{\text{тр}} \approx 0$ . Для винтов с кольцевой пятой (рис. 3.32, *г*) и для зажима гайкой (рис. 3.32, *б*):

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} \cdot Q \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (3.51)$$

где  $D$  и  $d$  — максимальный и минимальный диаметры контактной площадки кольцевой пяты, мм;  $f$  — здесь и далее коэффициент трения пяты винта по поверхности заготовки (наконечника).

Для винтов с плоской пятой диаметром  $D$  (рис. 3.22, *д*):

$$M_{\text{тр}} = \frac{2}{3} \cdot Q \cdot f \cdot D \quad (3.52)$$

Для винтов с неподвижным наконечником (рис. 3.22, *е*):

$$M_{\text{тр}} = Q \cdot f \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (3.53)$$

Для расчета силы зажима  $Q$  винтового зажима необходимо в условие равновесия ввести соответствующее конструкции значение  $M_{\text{тр}}$  из формул (3.51–3.53).

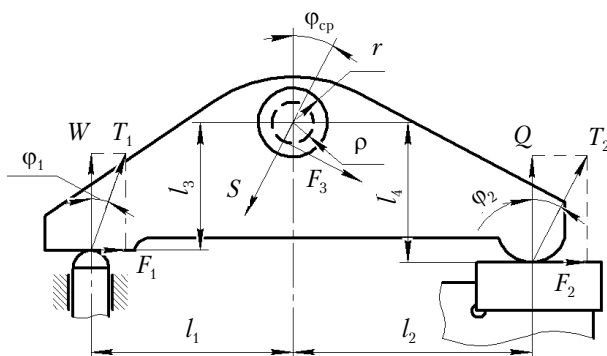
**Рычажные механизмы.** Рычажные зажимы в приспособлениях используют в виде двуплечего рычага в сочетании с различными силовыми источниками. При помощи рычага можно изменять величину и направление силы зажима, а также осуществить одновременное закрепление заготовки в двух местах. Конструктивных разновидностей рычажных зажимов много, однако, все их можно свести к трем типовым силовым схемам, приведенным на рис. 3.33, *а*. Из схем на рис. 3.33, *а* расчет силы зажима  $Q$  идеальных механизмов (без учета сил трения с учетом равенства плеч  $l_1$  и  $l_2$ ) может быть произведен по формулам: в первом случае  $Q = W : 2$ , во втором —  $Q = W$ , в третьем —  $Q = 2W$ .

Анализ схем (рис. 3.33, *а*) показывает, что наибольший выигрыш в силе (наибольшее передаточное отношение) дает третья схема, однако в конструктивном отношении она громоздка, а в эксплуатации неудобна, так как требует большого рабочего хода силового источника и усложняет загрузку заготовки под рычаг. Вторая схема применяется в тех случаях, когда требуется изменить направление исходной силы. Первая схема дает наиболее компактную конструкцию, однако передаточное отношение сил в ней всегда меньше единицы.



На рис. 3.33, б приведен пример конструктивного оформления рычажного зажима по первой схеме. Рычаг 1 при зажиме заготовки 7, установленной на опоры 6, поворачивается относительно упора 4. Сила от источника силы на рычаг передается через тягу 2 и сферическую шайбу 3. Сферическая шайба 3 предохраняет тягу 2 от внецентренного приложения нагрузки. Пружина 5 обеспечивает обратный ход рычага при откреплении заготовки.

Однако в реальных механизмах, как правило, необходимо учитывать силы трения. Рассмотрим пример расчета силы зажима рычагом с учетом сил трения (рис. 3.33, 3.34). Схема сил, действующих на рычаг, приведена на рис. 3.24. При закреплении рычагом возникают силы трения  $F_1$  и  $F_2$  на поверхностях контакта рычага со штоком привода и с заготовкой. В цапфе рычага возникает реакция  $S$  и соответствующая ей сила трения  $F_3 = S \cdot f_3$  (где  $f_3$  — коэффициент трения в соединении рычаг — цапфа), создающая на плече  $\rho$  ( $\rho$  — радиус круга трения) момент трения.



**Рис. 3.34.** Схема сил, действующих в рычажном зажиме

Угол  $\varphi_{cp}$  отклонения силы  $S$  с достаточной точностью можно принять равным среднему значению между углами трения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}. \quad (3.54)$$

Силу  $S$  можно определить из зависимости ( $\varphi_3$  — угол трения в соединении рычаг — цапфа):

$$S = \frac{W + Q}{\cos \varphi_{cp}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3. \quad (3.55)$$

Из условия равновесия рычага имеем (сумма моментов относительно оси поворота рычага):

$$W \cdot l_1 - F_1 \cdot l_3 - F_3 \cdot \rho - Q \cdot l_2 - F_2 \cdot l_4 = 0, \quad (3.56)$$

где  $F_1 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$ ,  $F_2 = Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2$ ,  $F_3 = S \cdot \operatorname{tg} \varphi_3$ .

Тогда, учитывая формулы для определения  $F_1, F_2, F_3$ , получаем:

$$W \cdot l_1 - W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot l_3 - \frac{Q + W}{\cos \varphi_{\text{cp}}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 \cdot \rho - Q \cdot l_2 - Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot l_4 = 0. \quad (3.57)$$

Откуда

$$W = Q \cdot \frac{l_2 + l_4 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 + \frac{\rho \cdot \operatorname{tg} \varphi_3}{\cos \varphi_{\text{cp}}}}{l_1 - l_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{\rho \cdot \operatorname{tg} \varphi_3}{\cos \varphi_{\text{cp}}}}. \quad (3.58)$$

Потери на трение в рычажном зажиме составляют 1,5–6%.

**Шарнирно-рычажные механизмы.** В отличие от рычажного, в шарнирно-рычажном механизме рычаг имеет два шарнира на концах; через один из них от привода передается сила  $W$ , через второй — измененная сила зажима  $Q$  на заготовку или другой простой механизм зажима. В приспособлениях используют три разновидности шарнирно-рычажных механизмов: однорычажные (рис. 3.35, *а*) двухрычажные одностороннего действия (рис. 3.35, *в*, *г*), двухрычажные двустороннего действия (рис. 3.35, *д*, *е*).

На рис. 3.35, *а* приведена схема зажима с однорычажным шарнирно-рычажным механизмом. Он состоит из ползуна 1, воспринимающего силу  $W$ , рычага 2 и двуплечего рычага 3, зажимающего заготовку 4. Рычаг 2 образует с направлением силы зажима  $Q$  угол  $\alpha$ . В идеальном механизме (без учета сил трения) равнодействующая  $R$  сил  $Q$  и  $W$  передается от ползуна к шарниру  $C$  вдоль оси рычага 2 и в точке  $C$  будет равна

$$Q = W \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3.59)$$

В реальном механизме возникает трение в шарнирах и направляющих ползуна, поэтому равнодействующая отклоняется от на-

правления  $\alpha$ , и тогда зависимости преобразуются к следующему виду:

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}\varphi] \text{ и } Q = \frac{W}{\operatorname{tg} \cdot (\alpha + \beta) + \operatorname{tg}\varphi} \quad (3.60)$$

где  $\varphi$  — угол трения в направляющих ползуна;  $\beta$  — угол, трения в шарнирах (рис. 3.35, б).

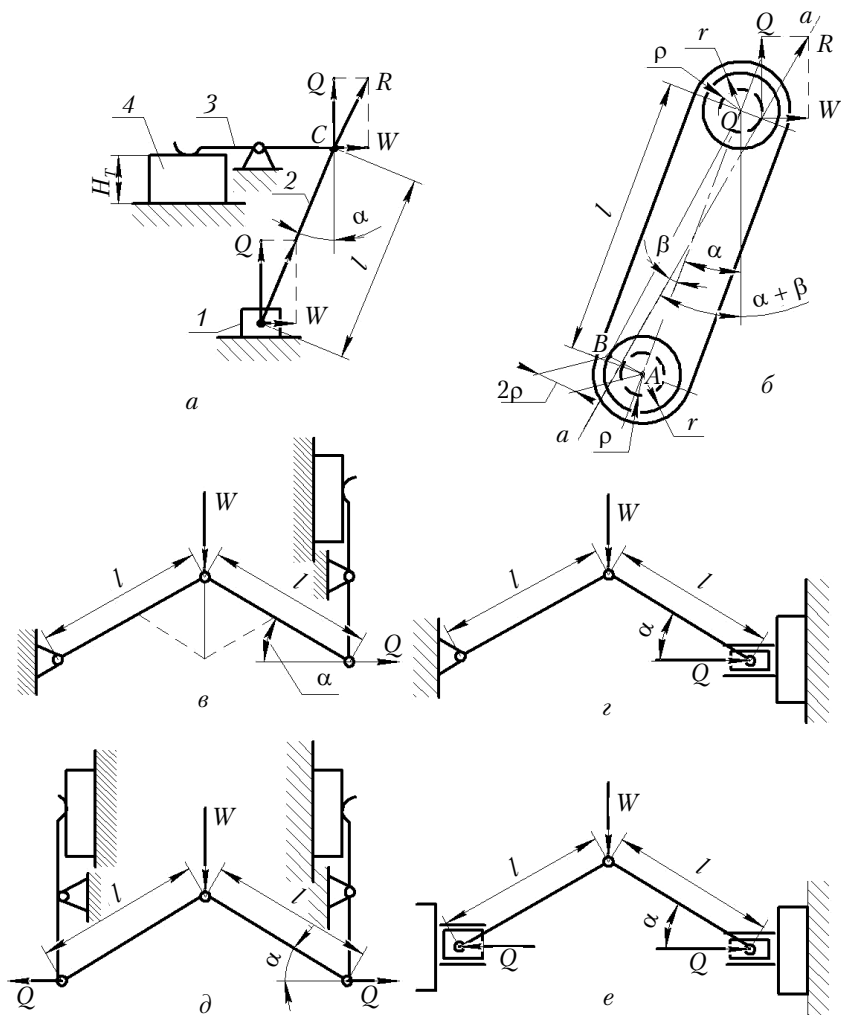


Рис. 3.35. Схемы шарнирно-рычажных зажимных механизмов

Величину угла  $\beta$  определяют по формуле:

$$\beta = \arcsin \frac{2 \cdot r \cdot f}{l}, \quad (3.61)$$

где  $l$  — плечо рычага, мм;  $r$  — радиус круга трения.

Из уравнения (3.60) видно, что сила  $W$  уменьшается с уменьшением угла  $\alpha$ . Это изменение угла  $\alpha$  приводит к уменьшению хода механизма, который определяют по формуле

$$S_Q = l \cdot (1 - \cos \alpha). \quad (3.62)$$

Недостатком этих механизмов в сравнении с клином является непостоянство силы  $Q$ , вызванное колебаниями угла  $\alpha$  при зажиме партии заготовок с размером  $H$  в пределах допуска  $T$  (рис. 3.35, а).

Двухрычажные механизмы одностороннего действия (рис. 3.35, в, г) отличаются от однорычажных тем, что исходная сила  $W$  поровну делится между двумя рычагами. Поэтому такие механизмы дают вдвое меньшую силу зажима по сравнению с однорычажными. Но двухрычажные механизмы обладают вдвое большим запасом хода.

Для механизмов, представленных на рис. 3.35, в, зависимость для определения силы, развиваемой приводом, будет выглядеть следующим образом:

$$W = 2 \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta). \quad (3.63)$$

Для механизмов, представленных на рис. 3.35, г, е, получим следующую зависимость:

$$W = 2 \cdot Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}{1 - \frac{3l}{a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \cdot \operatorname{tg} \phi}. \quad (3.64)$$

Для двухрычажных механизмов ход рычага оставит:

$$S_Q = 2 \cdot l \cdot (1 - \cos \alpha). \quad (3.65)$$

**Пружинные зажимные механизмы.** В пружинных зажимных механизмах элементом, преобразующим исходную силу привода  $W$  в силу зажима  $Q$ , является пружина (как правило, цилиндрическая пружина сжатия). Сила  $Q$  обеспечивается сжатием пружины на необходимую величину  $f_{\text{н}}$ . Применяют две схемы построения пружинных зажимов, представленные на рис. 3.36. В схеме на рис. 3.36,

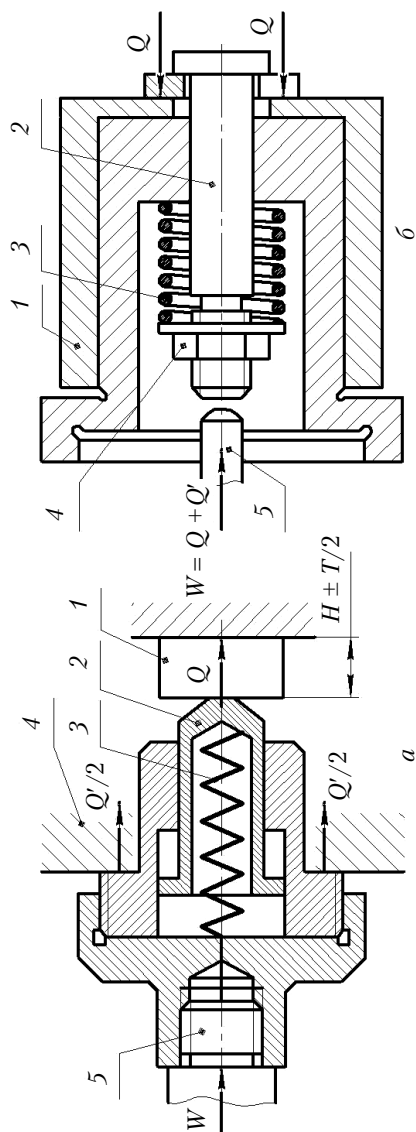


Рис. 3.36. Схемы пружинных зажимов



а необходимое сжатие пружины 3 достигается перемещением штока привода 5. При этом плунжер 2 передает на заготовку 1 силу  $Q$ . Сила зажима  $Q$  ограничена неподвижным упором 4, воспринимающим на себя избыточную силу привода  $Q'$ .

В схеме, представленной на рис. 3.36, б, необходимое сжатие пружины 3 регулируется гайкой 4 при настройке приспособления. Сила  $Q$  передается на заготовку 1 через тягу 2. Для открепления заготовки шток 5 привода силой  $W$  подает вправо тягу 2, дополнительно сжимая пружину 3. Пружины для таких зажимов выбирают из числа нормализованных по требуемым  $Q$  и  $f_n$ .

Достоинствами пружинных зажимов являются простота конструкции и возможность относительно легко автоматизировать процессы закрепления и открепления заготовок. Распространенный пример такой автоматизации при обработке на сверлильных станках приведен на рис. 3.37. Роль силового привода выполняет шпиндель станка движением подачи. Подвешенная к шпинделю 1 на скалках 2 подвесная кондукторная плита 3 опускается вместе с ним вниз до упора в заготовку 4. При дальнейшем ходе шпинделя пружины сжимаются, зажимая плитой заготовку. Для нормальной работы механизма необходимо, чтобы, во-первых, к моменту начала сверления пружины получили достаточную для создания требуемой силы  $Q$  осадку и, во-вторых, возрастание  $Q$  при дальнейшем опускании шпинделя на длину рабочего хода не было чрезмерным. Для этого применяют пружины с большим числом витков.

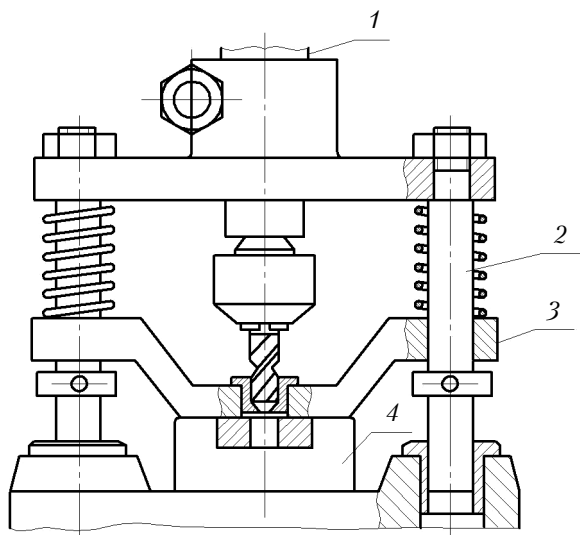
**Клиновые зажимные механизмы.** Клин очень широко используют в зажимных механизмах приспособлений, так как он обеспечивает простоту и компактность конструкции, а также надежность в работе. Клин может быть как простым зажимным элементом, действующим непосредственно на заготовку, так и входить в сочетание с любым другим простым механизмом при создании комбинированных механизмов. Назначение клиновых механизмов:

- увеличение исходной силы привода;
- перемену направления исходной силы;
- самоторможение механизма (способность сохранять силу зажима  $Q$  при прекращении действия силы  $W$ , создаваемой приводом).

Если клиновой механизм применяют для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно равен  $45^\circ$ , а если для увеличения силы зажима или повышения надежности, то угол клина принимают равным  $6-15^\circ$  (углы, обеспечивающие самоторможение).

Клин применяют в следующих конструктивных вариантах зажимов:

- механизмы с плоским односкосым клином (рис. 3.38);
- многоклиновые (многоплунжерные) механизмы (рис. 3.39);
- эксцентрики (механизмы с криволинейным клином) (рис. 3.40);
- торцовые кулачки (механизмы с цилиндрическим клином) (рис. 3.41).



**Рис. 3.37.** Схема автоматизированного пружинного зажима заготовки в сверлильном приспособлении

На рис. 3.38, *а* приведена схема комбинированного зажима. Он образован последовательным соединением плоского односкосого клина 1, на который действует через шток 2 привода сила  $W$ , и равноплечего рычажного зажима 3, передающего на заготовку силу зажима  $Q$ . При зажиме заготовки клин под действием силы  $W$  движется влево, поворачивая рычаг вокруг оси вращения.

При движении клина на его плоскостях возникают нормальные силы  $Q$  и  $N$  и силы трения  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 3.38, *б*), при этом силы трения равны:

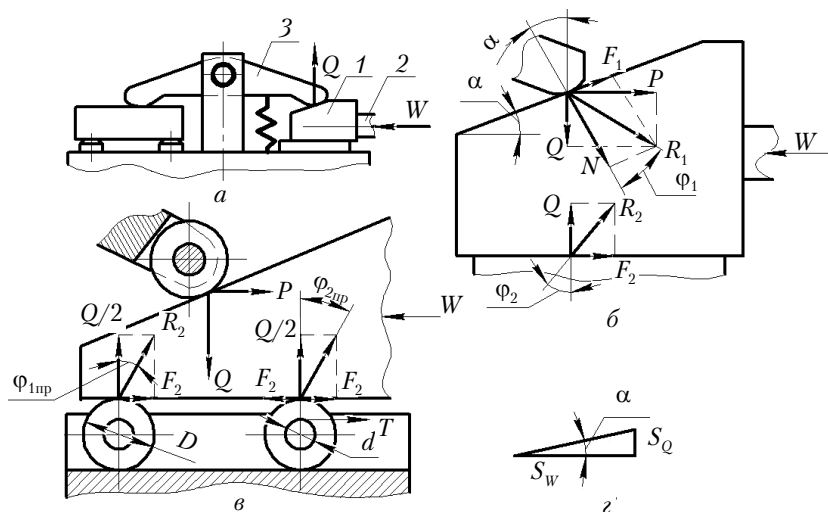
$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = N \cdot f_1; F_2 = Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = Q \cdot f_2, \quad (3.66)$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ ,  $f_1$  и  $f_2$  — углы трения и коэффициенты трения на соответствующих поверхностях клина.

В конечном положении, когда заготовка зажата, клин находится в равновесии. Рассмотрим равновесие клина под действием всех

приложенных к нему сил. Для этого равнодействующую  $R_1$  сил  $N$  и  $F_1$  разложим на силы  $Q$  и  $P$ . Когда заготовка находится в закрепленном состоянии, клин находится в равновесии. Поэтому вертикальная составляющая по величине равна  $Q$ . Горизонтальная составляющая  $P$  из силового многоугольника равна:

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \quad (3.67)$$



**Рис. 3.38.** Схема механизма с плоским односкосым клином и силы, действующие на клин

Запишем сумму проекций всех сил на направление силы  $W$  и определим из нее силу  $W$ :

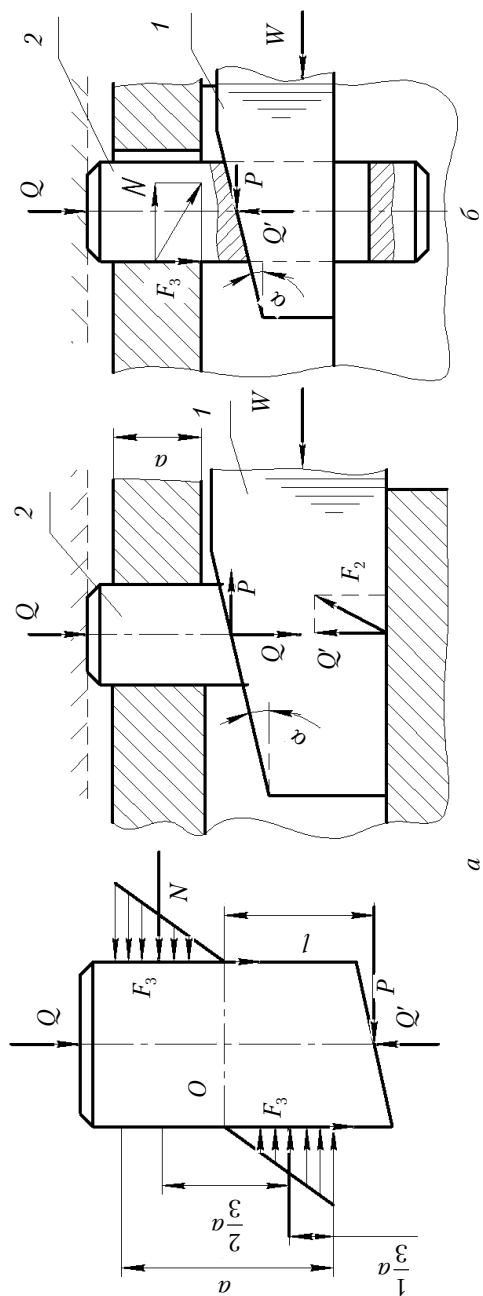
$$P + F_2 - W = 0, \quad (3.68)$$

$$Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + Q \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 = W, \quad (3.69)$$

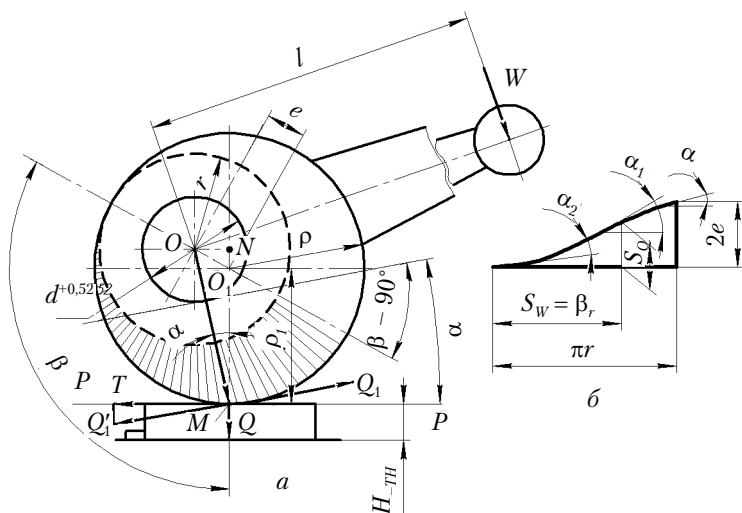
$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]. \quad (3.70)$$

Если трение существует только на наклонной поверхности клина, т.е. закрепляемая заготовка перемещается вместе с клином в направлении действия силы  $W$ , то

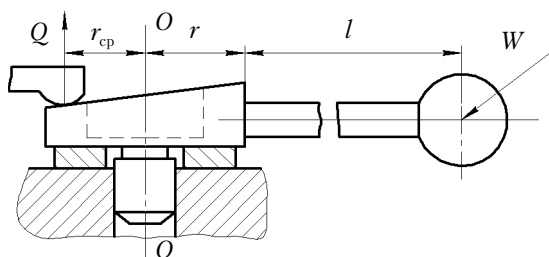
$$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0 \text{ и } W = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (3.71)$$



**Рис. 3.39.** Схемы одноплунжерных зажимных механизмов



**Рис. 3.40.** Эксцентрик и схема расчета сил закрепления



**Рис. 3.41.** Схема зажимного механизма с торцовым кулачком

Тогда усилие, развиваемое односкосым клином, будет равно:

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}. \quad (3.72)$$

Существенным недостатком рассмотренного механизма является низкий коэффициент полезного действия (КПД), т.е. большие потери на трение, резко увеличивающиеся с уменьшением угла клина. В табл. 3.2 приведены потери на трение в клиновом механизме в зависимости от угла клина  $\alpha$ .

Таблица 3.2

**Значение потерь на трение и силы  $W$  в зависимости  
от различных углов клина  $\alpha$**

$\alpha$ , град	$W$ , доли $Q$		Потери на трение, %
	без учета сил трения	с учетом сил трения	
5	0,087	0,29	70
20	0,37	0,59	37
45	1	1,25	25

Имеется несколько путей повышения КПД клинового механизма, например, за счет замены трения скольжения в контакте на трение качения. На рис. 3.38, *в* представлены конструкция клинового механизма с использованием опорных роликов и схема действия сил в таком механизме. Анализ схемы действия сил принципиально не отличается от схемы действия сил в механизме с плоским односкосым клином (рис. 3.38, *б*). Соответственно для расчета механизма с опорными роликами можно использовать формулу (3.70), если заменить в ней углы трения скольжения  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  на соответствующие приведенные углы трения качения  $\varphi_{1\text{ПР}}$  и  $\varphi_{2\text{ПР}}$ :

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{ПР}}) + \operatorname{tg}\varphi_{2\text{ПР}}]. \quad (3.73)$$

Углы с трением качения  $\varphi_{1\text{ПР}}$  и  $\varphi_{2\text{ПР}}$  можно определить, рассмотрев равновесие роликов. Рассмотрим равновесие нижнего ролика, приравняв к нулю сумму моментов всех сил относительно оси ролика. После преобразований получим следующие выражения для определения  $\varphi_{1\text{ПР}}$  и  $\varphi_{2\text{ПР}}$ :

$$\operatorname{tg}\varphi_{2\text{ПР}} = \frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2; \quad \varphi_{2\text{ПР}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg}\varphi_2\right) \quad (3.74)$$

Соответственно для верхнего ролика

$$\varphi_{1\text{ПР}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{d}{D} \cdot \operatorname{tg}\varphi_1\right). \quad (3.75)$$

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

Уравнение перемещений рассматриваемых механизмов (рис. 3.38, *з*) принимает вид:

$$S_Q = S_W \cdot \operatorname{tg}\alpha. \quad (3.76)$$

**Плунжерные механизмы.** Плунжерные механизмы бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двух-плунжерные механизмы применяют как зажимные; многоплунжерные используют как самоцентрирующие механизмы.

На рис. 3.39 приведены основные схемы одноплунжерных механизмов: *a* — с консольным и *б* — с двухопорным плунжером.

Для получения расчетных формул приведенных механизмов рассмотрим равновесие клина 1 и плунжера 2 каждого механизма в отдельности (необходимо учитывать, что силы  $Q$  и  $Q'$  по модулю равны). Клин 1 является плоским односкосым, поэтому

$$Q' = W \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}, \quad (3.77)$$

$$P = Q' \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \quad (3.78)$$

где  $\varphi_1$  — угол трения между плунжером и клином;  $\varphi_2$  — угол трения между плунжером и опорой.

Консольный плунжер 2 (рис. 3.39, *a*) под действием силы  $P$  перекашивается в пределах зазора в направляющих. В результате давление плунжера на направляющие распределяется по закону треугольника. Равнодействующие этих давлений удалены от вершины прямого угла на  $1/3$  катета  $\alpha$ , т.е. расстояние между силами  $N$  равно  $2/3 \cdot a$ .

При условии равновесия плунжера сумма моментов сил  $P$  и  $N$  относительно точки  $O$  будет равна:

$$P \cdot l - N \cdot \frac{2}{3} \cdot a = 0. \quad (3.79)$$

Откуда:

$$N = P \cdot \frac{3l}{2a} = Q' \cdot \frac{3l}{2a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (3.80)$$

Для зажима заготовки плунжер перемещается вверх, при этом силы  $N$  вызывают силы трения  $F_3$ , которые препятствуют перемещению плунжера:

$$F_3 = N \cdot \operatorname{tg}\varphi_3. \quad (3.81)$$

Подставив сюда  $N$ , из (3.80) имеем

$$F_3 = Q' \cdot \frac{3l}{2a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3. \quad (3.82)$$

где  $\varphi_3$  — угол трения между плунжером и корпусом.

Сумма проекций всех сил на вертикальную ось:

$$Q + 2F_3 - Q' = 0 \text{ или } Q + Q' \cdot \frac{3l}{a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3 - Q' = 0. \quad (3.83)$$

Откуда:

$$Q' = Q \frac{1}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg}\varphi_3}. \quad (3.84)$$

Приравняем правые части уравнений (3.77) и (3.84) и получим зависимость для определения  $W$ :

$$W = Q \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}{1 - \frac{3l}{a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3}. \quad (3.85)$$

Тогда сила, развиваемая клиноплунжерным механизмом, будет равна:

$$Q = \frac{W \cdot \left(1 - \frac{3l}{a} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_3\right)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_2}. \quad (3.86)$$

Двухопорный плунжер (рис. 3.39, б) под действием силы  $P$  не перекашивается, а прижимается к одной стороне направляющей, в контакте с которой при перемещении плунжера будет возникать сила трения

$$F_3 = P \cdot \operatorname{tg}\varphi_3. \quad (3.87)$$

После аналогичных одноопорному плунжеру преобразований можно записать уравнение для определения необходимой силы на приводе:



$$W = Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)\operatorname{tg}\varphi_3}. \quad (3.88)$$

Уравнение перемещений в многоплунжерных механизмах сохраняет вид (3.76).

**Эксцентрик** представляет собой соединение в одной детали двух элементов — круглого диска радиусом  $r$  (рис. 3.40) и плоского односоставного клина. При повороте эксцентрика вокруг оси вращения диска «О» клин входит в зазор между диском и заготовкой и развивает силу зажима  $Q$ .

Различают эксцентрики круговые и криволинейные. Они отличаются параметрами клина, получающимися в развертке.

Рабочая поверхность кругового эксцентрика — цилиндрическая (условно — окружность). Плоский клин в развертке рабочей поверхности такого эксцентрика получается криволинейным с переменным углом  $\alpha$ , который является функцией угла поворота эксцентрика  $\beta$  (рис. 3.40, б). Это приводит к тому, что угол поворота  $\beta$  и сила зажима  $Q$  в партии заготовок в определенной степени зависят от расположения контактирующей с рабочей поверхностью эксцентрика поверхности заготовки (размера  $H$  и допуска на него ТН). Это связано с тем, что положение данной поверхности может меняться в пределах допуска на размер, описывающий ее положение относительно технологической базы в соответствующем координатном направлении. То есть при использовании круговых эксцентриков рабочий угол поворота  $\beta$  эксцентрика и сила зажима заготовки  $Q$  являются функцией размера  $H_{\text{ТН}}$  (точнее, функцией поля рассеяния размера  $H_{\text{ТН}}$ ), т.е. и угол  $\alpha$ , и сила зажима не являются величинами постоянными. Тем не менее круговые эксцентрики применяются достаточно широко, так как их изготовление значительно проще и дешевле по сравнению с криволинейными. Для снижения влияния колебаний размера  $H_{\text{ТН}}$  и, соответственно, колебаний силы зажима в партии заготовок предпочтительно использовать круговые эксцентрики с углом  $\beta = 30\text{--}135^\circ$ .

Рабочая поверхность криволинейного эксцентрика формируется по спирали, таким образом, чтобы угол плоского клина в развертке рабочей поверхности такого эксцентрика  $\alpha$  был постоянным и не зависел от угла поворота эксцентрика  $\beta$  (рис. 3.40, б). Это необходимо для того, чтобы сила зажима в партии заготовок была стабильной.

Основным достоинством эксцентриковых зажимов является быстрое действие (из всех ручных зажимных механизмов эксцен-

триковые являются самыми быстродействующими). Поэтому, несмотря на значительное число недостатков, эксцентрикковые зажимы получили широкое применение, особенно в приспособлениях для мелкосерийного и серийного типов производств.

Основные недостатки эксцентрикковых состоят в следующем:

- малая величина рабочего хода, так как она определяется величиной эксцентриситета;
- самоторможения эксцентрика при откреплении, что приводит к увеличению силы, которую рабочий должен прикладывать при откреплении детали (по сравнению с силой, которая прикладывается при закреплении заготовки);
- возможность самооткрепления заготовки при использовании методов обработки, сопровождающихся вибрациями или ударами (например, при фрезеровании), т.е. снижение надежности зажима заготовок, то ограничивает область использования таких зажимных механизмов.

Для определения конструктивно-размерных параметров эксцентрика необходимо иметь следующие исходные данные:

- расчетная (требуемая) минимальная сила закрепления заготовки  $Q$ ;
- допуск на размер  $H$  заготовки от ее технологической базы до точки приложения силы зажима ТН в направлении приложения силы закрепления;
- величина угла поворота эксцентрика  $\beta$  от начального положения до положения, гарантирующего расчетную силу закрепления.

К основным конструктивно-размерным параметрам эксцентрика, которые должны быть получены в результате расчетов, следующие (рис. 3.40): эксцентриситет эксцентрика  $e$ , мм; диаметр цапфы  $d$ , мм; радиус рабочей поверхности эксцентрика  $R$ , мм; ширина рабочей поверхности эксцентрика  $B$ , мм; при ручном зажиме — длина (вылет) рукоятки  $l$ , мм.

Для определения величины усилия, развиваемого эксцентриком, необходимо составить сумму моментов сил, действующих на эксцентрик (см. рис. 3.40). Исходя из условия равновесия эксцентрика под действием этих сил, получаем следующее равенство:

$$W \cdot l = Q' \cdot \rho, \quad (3.89)$$

где  $\rho$  — радиус эксцентрика.

Откуда получим зависимости для определения величин сил  $Q'$  и  $T$ :

$$Q' = W \cdot l : \rho. \quad (3.90)$$

$$T = Q' \cdot \cos \alpha. \quad (3.91)$$

Так как эксцентрик работает, как клин, и сила  $T$  воздействует на этот клин как внешняя сила, можно использовать зависимость для определения усилия, развиваемого односкосым клином, что позволит получить зависимость для определения силы зажима  $Q$ :

$$Q = \frac{T}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{W \cdot l \cdot \cos \alpha}{\rho \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2)}. \quad (3.92)$$

Так как угол подъема эксцентрика  $\alpha$  мал, величина  $\cos$  стремится к единице, и этой величиной можно пренебречь. Тогда зависимость (3.91) приобретает вид:

$$Q = \frac{W \cdot l}{\rho \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2)}. \quad (3.93)$$

Если не накладываются ограничения на угол поворота эксцентрика  $\beta$ , (т.е. он может изменяться в пределах  $30-135^\circ$ ), эксцентриситет эксцентрика  $e$  определяется из условия:

$$2e = S_1 + TH + S_2 + \frac{Q}{j}, \quad (3.94)$$

где  $S_1$  — минимально необходимый зазор между эксцентриком и поверхностью, воспринимающей силу закрепления, обеспечивающий свободную установку заготовки с максимальным размером;  $S_2$  — запас хода эксцентрика для предохранения его перехода через мертвую точку;  $j$  — жесткость узла зажимного механизма.

Конструкция зажимного механизма не является абсолютно жесткой, а следовательно, возможно смещение его элементов в результате упругих деформаций под действием приложенных сил, в том числе и воспринимающих силу  $Q$ , то необходимо увеличить расстояние между заготовкой и эксцентриком на соответствующую величину. На рис. 3.41 приведена схема зажимного механизма с торцовым кулачком.

В том случае если максимальный угол поворота эксцентрика  $\beta$  не превышает  $180^\circ$ , величина эксцентриситета  $e$  определяется из уравнения перемещений эксцентрика. Анализируя эту схему и исходные данные, получаем следующую зависимость:

$$e = \frac{\pi}{2 \cdot \beta} \cdot \left( S_1 + TH + \frac{Q}{j} \right). \quad (3.95)$$

Диаметр цапфы эксцентрика  $d$  можно определить из условия отсутствия контактных деформаций смятия, задаваясь ее шириной  $b$ :

$$d = \frac{Q}{b \cdot [\sigma_{\text{см}}]} \quad (3.96)$$

где  $[\sigma_{\text{см}}]$  — допускаемое напряжение на смятие материала цапфы.

Радиус рабочей поверхности эксцентрика  $R$  определяют из условия самоторможения эксцентрика. Для этого необходимо, чтобы угол подъема криволинейного клина  $\alpha$  был меньше угла самоторможения  $\alpha_c$ . Это условие можно записать из схемы на рис. 3.40, *a*. На схеме действие эксцентрика на заготовку условно заменено действием плоского односкосного клина с углом  $\alpha$  в зазоре между заготовкой и цапфой эксцентрика. Точка касания наклонной плоскости и цапфы лежит на радиусе  $R_1$ , соединяющем ось вращения эксцентрика  $O$  с точкой  $M$  приложения зажимной силы. Тогда

$$R = e \cdot \left( \frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \alpha} - \sin \beta \right). \quad (3.97)$$

Приняв в формуле (3.97)  $\alpha = \alpha_c$ , можно рассчитать величину  $R$ , обеспечивающую самоторможение эксцентрика.

Ширину рабочей части эксцентрика  $B$  определяют из уравнения напряжений смятия в месте контакта его с заготовкой или промежуточной деталью

$$\sigma_{\text{см}} = 0,565 \cdot \sqrt{\frac{Q}{R \cdot B \cdot \left( \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)}}, \quad (3.98)$$

где  $E_1, E_2, \mu_1, \mu_2$  — модули упругости и коэффициенты Пуассона, соответственно, для материалов эксцентрика и заготовки или промежуточной детали.

Если эксцентрик соединяют с другим простым механизмом, например с рычажным, или недопустимо повредить поверхность заготовки, к которой прикладываются силы закрепления, то часто между рабочей поверхностью эксцентрика и поверхностью заготовки располагают промежуточную деталь (прокладку), изготовленную из того же материала, что и эксцентрик. Изготавливать эксцентрики рекомендуется из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до твердости HRC

55–60 (ГОСТ 9061–68). Приняв  $E_1 = E_2$  и  $\mu_1 = \mu_2 = 0,25$  (для стали), получим

$$\sigma_{\text{см}} = 0,415 \sqrt{\frac{QE}{RB}}, \quad (3.99)$$

откуда:

$$B = 0,0175 \frac{QE}{R\sigma_{\text{см}}^2}. \quad (3.100)$$

Если заменить действие кругового эксцентрика действием плоского одноосового клина с углом  $\alpha$  в зазоре между цапфой и поверхностью заготовки, то можно записать (с достаточной для практических расчетов точностью) уравнение сил в эксцентрике. Эту замену сил, действующих на эксцентрик и фиктивный клин, можно проиллюстрировать схемой, приведенной на рис. 3.40. Из схемы видно, что вдоль плоскости действует сила  $T = Q'_1 \cos \alpha$ . Тогда, используя формулу 3.92, можно получить следующую зависимость:

$$T = Q'_1 \cdot \cos \alpha = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]. \quad (3.101)$$

где  $Q'_1$  — сила, действующая под углом  $\alpha$  на плоскость зажима  $P$ – $P$ . В условиях данной задачи эта сила может рассматриваться как внешняя.

Из условия равновесия эксцентрика получим

$$W \cdot l - Q_1 \cdot R_1 = 0; Q_1 = W \cdot \frac{l}{R_1}, \quad (3.102)$$

так как  $|Q'_1| = |Q_1|$ . Подставив значение  $Q_1$  в формулу (3.101) и опустив  $\cos \alpha$  как величину, близкую к единице при малых углах  $\alpha$ , получим

$$W = Q \cdot \frac{R_1}{l} \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]. \quad (3.103)$$

Усилие развиваемое эксцентриком:

$$Q = \frac{W \cdot \ell}{R_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}, \quad (3.104)$$

где  $R_1$ ,  $\alpha$  — переменные величины, определяемые из зависимостей (см. рис. 3.40):

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{e \cdot \cos \beta}{R + e \sin \beta};$$

$$R_1 = OM = \frac{R + e \cdot \sin \beta}{\cos \alpha}.$$
(3.105)

При проектировании ручных эксцентриковых зажимов задаются силой  $W$  на рукоятке и из уравнения (3.103) определяют длину рукоятки

$$l = \frac{Q \cdot R_1}{W} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$
(3.106)

Торцевой кулачок является разновидностью клинового механизма, у которого плоский односкосный клин укреплен на цилиндре радиуса  $r$ . Для создания силы зажима  $Q$  кулачок должен вращаться вокруг оси  $O-O$  этого цилиндра силой  $W$ , приложенной на рукоятке длиной  $l$  (рис. 3.41). Тогда силу  $W$  можно определить по формуле

$$W = Q \cdot \frac{r_{\text{cp}}}{l + r} \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$
(3.107)

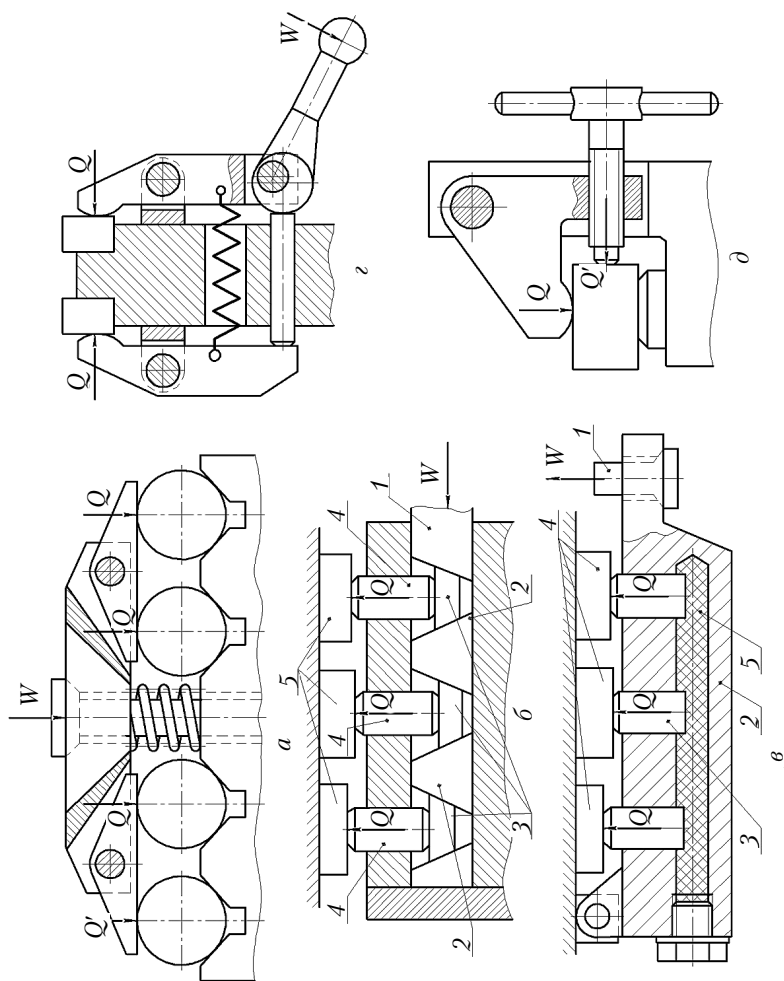
**Многозвенные (многократные) зажимные механизмы.** Многократные зажимы приводятся в действие от одного силового источника и зажимают одновременно несколько или одну деталь в нескольких точках одновременно. Применение многократных зажимов позволяет сократить вспомогательное время операции. Основным требованием, предъявляемым к многократным зажимам, является равенство зажимных сил во всех точках зажима. Для обеспечения равенства сил зажима ведомые звенья механизма должны составлять сблокированную «плавающую» систему, развивающую силу зажима независимо от колебаний размеров заготовок.

Известно много конструкций многократных зажимов приспособлений, которые можно подразделить на следующие группы, приняв за классификационный признак направление сил зажима<sup>1</sup>:

- зажимы последовательного действия,
- зажимы, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (при закреплении пакета заготовок);
- зажимы параллельного действия, механизмы, включающие зажимающие детали в нескольких параллельных направлениях;

---

<sup>1</sup> Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1980.



**Рис. 3.42.** Схемы многократных зажимов

- механизмы со встречными силами зажима;
- механизмы с пересекающимся направлением сил зажима;
- комбинированные механизмы, представляющие собой соединение механизмов первых групп.

На рис. 3.42, *а–в* показаны механизмы параллельного действия. Механизм, представленный на рис. 3.42, *а*, прост и надежен в работе, но при большом количестве заготовок оказывается громоздким и неудобным. Механизм на рис. 3.42, *б* компактен. Под действием силы  $W$  система подвижных клиньев 1, 2, 3 и плунжеров 4 перемещается до тех пор, пока все плунжеры не зажмут заготовки. Недостатки этого механизма: низкий КПД; при одинаковых углах клиньев силы зажима  $Q$  неодинаковы из-за потерь на трение; для выравнивания  $Q$  углы клиньев нужно делать разными, что усложняет изготовление. Этих недостатков лишены зажимы с гидропластом (рис. 3.42, *в*). Так как гидропласт 5 обладает способностью передавать давление по всем направлениям без изменения; силовой источник через тягу 1, рычаг 2, плунжеры 3 передает одинаковую силу зажима  $Q$  на все заготовки 4. На рис. 3.42, *г, д* показаны механизмы со встречными и пересекающимися линиями действия сил зажима.

При расчете сил в таких механизмах исходная сила привода равна сумме сил зажима отдельных заготовок с учетом передаточных отношений механизмов и их КПД.

### *Вопросы для самоподготовки*

1. Каково назначение зажимных механизмов?
2. Перечислите исходные данные для расчета силы закрепления.
3. Приведите методику расчета силы зажима.
4. Что такое коэффициент запаса? От чего зависит от его величина?
5. Перечислите правила выбора точки приложения силы зажима.
6. Перечислите правила выбора направления силы закрепления.
7. Приведите классификацию зажимных элементов (механизмов).
8. Как рассчитываются силы зажима, препятствующие провороту заготовки под действием сил резания?
9. Как рассчитываются силы зажима, препятствующие смещению заготовки?
10. Перечислите составляющие погрешности установки заготовок.
11. Перечислите составляющие погрешности базирования деталей.
12. Как производится расчет погрешности базирования?
13. Приведите пример схемы для расчета сил при многоинструментальной обработке.
14. Приведите классификацию зажимных механизмов.
15. Что такое комбинированные механизмы?



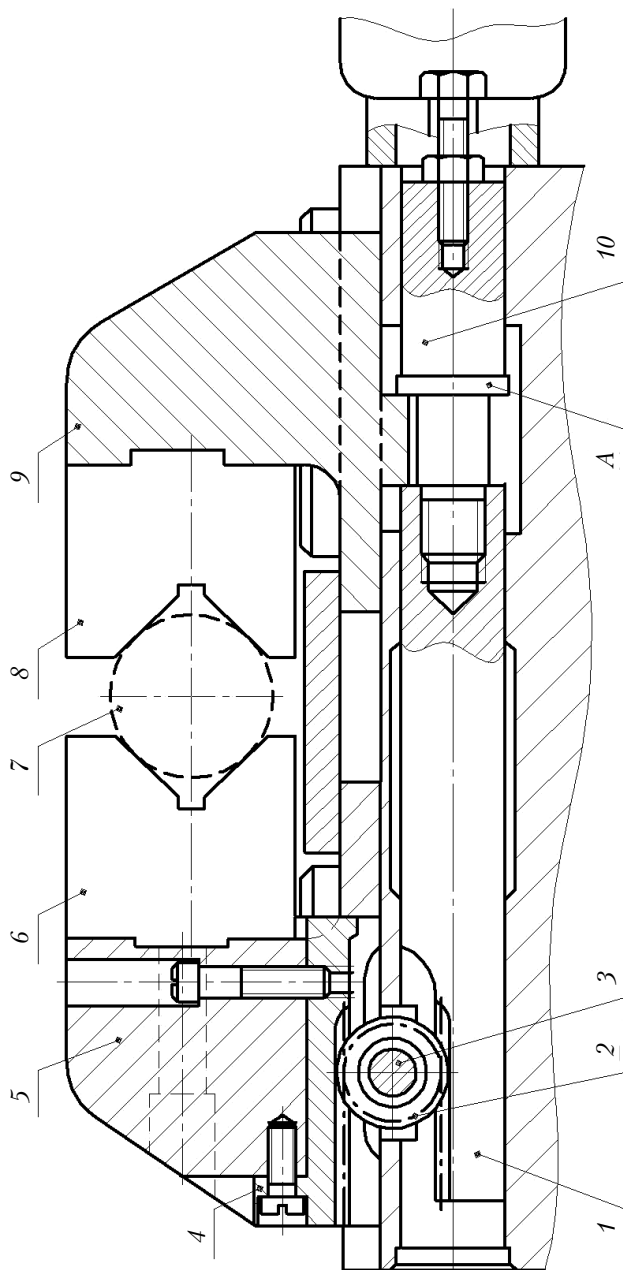
16. Как определяются передаточные отношения комбинированных зажимных механизмов?
17. Как различаются зажимные механизмы по степени механизации?
18. Как различаются зажимные механизмы по числу точек приложения силы зажимы?
19. Что такое ориентирующие механизмы?
20. Что такое самоцентрирующие механизмы?
21. Каковы основное назначение и область применения винтового (рычажного, шарнирно-рычажного, клинового, плунжерного, эксцентрикового, клино-плунжерного) зажимного механизма?
22. Приведите схему винтового (рычажного, шарнирно-рычажного, клинового, плунжерного, эксцентрикового, клиноплунжерного) зажимного механизма.
23. Объясните принцип работы винтового (рычажного, шарнирно-рычажного, клинового, плунжерного, эксцентрикового, клиноплунжерного) механизма.
24. Приведите основные достоинства и недостатки винтового (рычажного, шарнирно-рычажного, клинового, плунжерного, эксцентрикового, клино-плунжерного) механизма.
25. По каким зависимостям определяется сила закрепления при использовании (рычажного, шарнирно-рычажного, клинового, плунжерного, эксцентрикового, клино-плунжерного) механизма?
26. Для чего применяются многократные механизмы?
27. Может ли клиноплунжерный зажим быть многократным?

### **3.3. УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

#### **3.3.1. Классификация самоцентрирующих механизмов**

Самоцентрирующие механизмы различаются между собой формой рабочей поверхности подвижных элементов и конструкцией механизма, обеспечивающего их взаимосвязанное движение. По первому признаку различают призматические и кулачковые механизмы, а по второму — винтовые, реечно-зубчатые, спирально-реечные, клиновые (клиноплунжерные и клиношариковые), с упругодеформируемыми элементами (цанговые, мембранные, гидропластовые). Границы применимости различных по конструкции механизмов определяются двумя их характеристиками — величиной присущей им погрешности центрирования и величиной создаваемой силы зажима.

Принципиальная схема винтового самоцентрирующего механизма приведена на рис. 3.43. Такие механизмы имеют достаточно большую погрешность центрирования (0,3–0,5 мм), но с их помощью



**Рис. 3.43.** Реечно-зубчатые механизмы

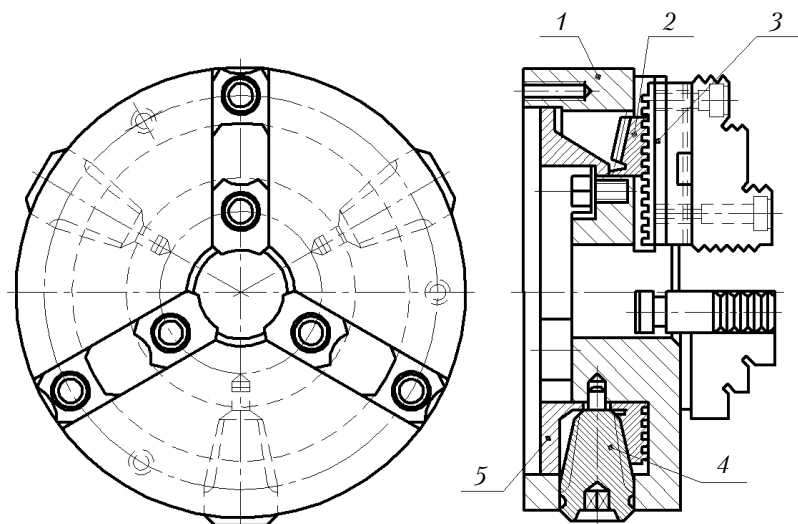
можно создать большую силу зажима, легко скомпоновать с механизированным приводом, поэтому их широко применяют на черновых и получистовых операциях.

**Реечно-зубчатые механизмы** используют в тисках вместо винтовых для обеспечения встречного перемещения призм. Пример таких тисков приведен на рис. 3.43. Рейка 4 прикреплена к ползуну 5, а рейка 1 связана со штоком 10 привода. При перемещении штока влево он буртиком А толкает ползун 9 в том же направлении, а рейка 1 поворачивает зубчатое колесо 2, вращающееся на неподвижной оси 3. Это колесо перемещает рейку 4 и ползун 5 вправо. Призмы 6 и 8, укрепленные на ползунах, получая встречное движение, центрируют и закрепляют заготовку 7. Такой механизм, в силовой цепи обладает передаточным отношением  $i = 1$ , т.е. сила штока привода без изменений (кроме потерь на трение) передается на заготовку. Поэтому эти тиски используют на операциях, не требующих сил зажима, превосходящих силу на штоке привода. Погрешность центрирования этих механизмов сопоставима с погрешностью винтовых механизмов.

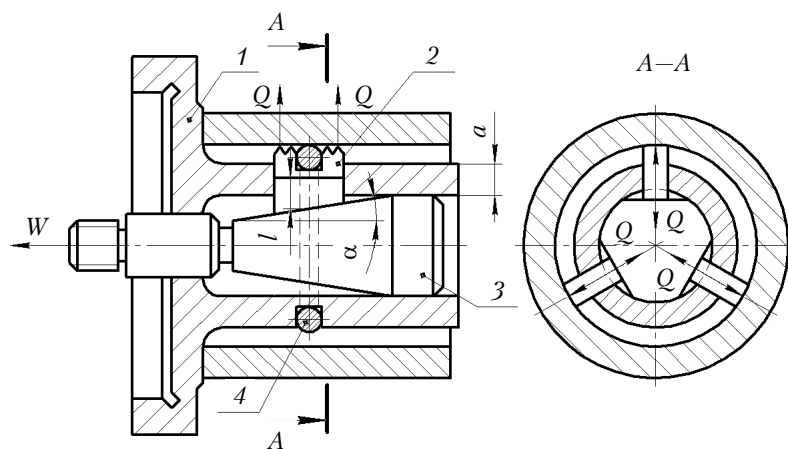
**Спирально-реечные механизмы** используют для перемещения кулачков в токарных патронах. Принципиальная схема такого патрона приведена на рис. 3.44. В корпусе 1 патрона установлен диск 2, имеющий с одной стороны спиральную нарезку, с помощью которой происходит зацепление между диском и рейкой кулачков 3, с другой стороны — коническую шестерню, с которой входят в зацепление три конических колеса 4, вмонтированных в радиальные отверстия корпуса. Крышка 5 лишает диск 2 осевых перемещений и предохраняет механизм патрона от попадания стружки и грязи. При вращении одного из колес 4 кулачки через спираль диска получают одновременное движение к центру или от него. Конструкции таких патронов стандартизованы ГОСТ 2675–80.

В патронах для токарной обработки часто используются клиноплунжерные механизмы (схема механизма приведена на рис. 3.45). Центрирование в таких патронах производится как по внутренней, так и по наружной цилиндрической поверхностям. Принцип их работы состоит в следующем [25]: три плунжера 2, расположенные под углом  $120^\circ$  друг к другу, перемещаются в трех радиальных пазах корпуса патрона 1. Перемещение плунжеров осуществляется при помощи клина 3, соединенного со штоком силового привода и имеющего соответственно количеству плунжеров три клиновых скоса. При движении клина 3 влево (в соответствии со схемой на рис. 3.45) плунжеры расходятся, при этом они не только центрируют, но и закрепляют заготовку. При изменении направления

движения клина 3 на обратные плунжеры под действием пружины 4 сходятся к центру и открепляют заготовку.



**Рис. 3.44.** Схема токарного спирально-реечного самоцентрирующего патрона



**Рис. 3.45.** Клиноплунжерный механизм

Силу тяги привода  $W$ , необходимую для обеспечения силы зажима, приняв, что  $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0$ , так как клин 3 под действием трех оди-

наковых сходящихся в его центре сил как бы плавает, не прижимаясь к направляющим, можно определить по формуле

$$W = Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}. \quad (3.108)$$

Патроны с клиноплунжерными механизмами обычно применяют на черновых операциях для установки по черным базам, так как точность центрирования в клиноплунжерных механизмах достаточно невысокая. Как правило, она составляет 0,2–0,5 мм. Токарные патроны с клиноплунжерными кулачками стандартизованы.

Если патрон с клиноплунжерным механизмом не обеспечивает требования к точности установки заготовки в приспособлении, для токарных и шлифовальных станков применяют клиношариковые механизмы. Такие механизмы используют при установке заготовок как по внутренней, так и по наружной цилиндрической поверхности. На рис. 3.46, *а* приведена принципиальная схема патрона для центрирования по наружной цилиндрической поверхности. В клиношариковом патроне [25] конусная втулка 2 запрессована в корпус патрона 1. По конусу втулки 2 перекатываются шарики 3, расположенные в сепараторе 4. Шайба 5 предохраняет шарики 3 от выпадения.

Клиношариковый патрон работает следующим образом: при перемещении механизма влево под действием силы привода (в соответствии со схемой на рис. 3.46) шарики 3 аналогично плунжерам (см. рис. 3.46) смещаются к центру. При этом они не только центрируют, но и зажимают заготовку 6. Клиношариковый механизм имеет более высокую точность центрирования по сравнению с клиноплунжерным за счет уменьшения числа кинематических звеньев (вместо клина 3 и плунжеров 2 (см. рис. 3.46) имеем только шарики), а также повышается точность при его изготовлении. Достоинства клиношарикового механизма: уменьшение потерь на трение и возможность развивать значительную силу зажима  $Q$ , которая может быть определена из схемы, приведенной на рис. 3.46, *б*.

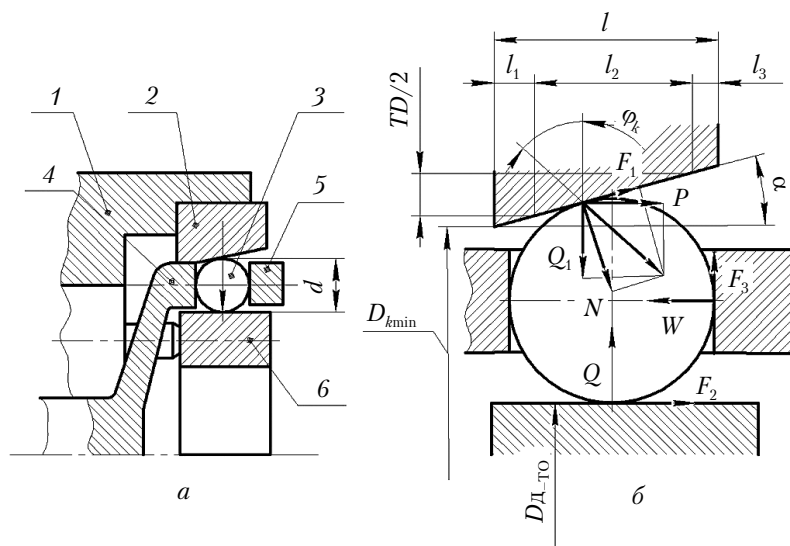
При закреплении заготовки максимальная сила трения возникает в контакте шарика 3 с конусной втулкой 2 в связи с тем, что  $N > Q > W$ . Шарик 3 под действием силы  $W$  перекачивается по конусу 3. При этом шарик под действием сил трения проскальзывает в сепараторе и по поверхности заготовки. Из условия равновесия системы после соответствующих преобразований получаем зависи-

мости для определения силы на приводе  $W$  и обеспечиваемой ею силы закрепления  $Q$ :

$$W = \frac{Q \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_K) + \operatorname{tg}\varphi_2)}{(1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_K) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3)}, \quad (3.109)$$

$$Q = \frac{W \cdot (1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_K) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_K) + \operatorname{tg}\varphi_2}, \quad (3.110)$$

где  $\varphi_K$  — угол трения качения шарика по конусу втулки;  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  — углы трения скольжения шарика по заготовке и сепаратору (на рис. 3.46 не показаны).



**Рис. 3.46.** Расчетная схема клиншарикового самоцентрирующего патрона

Угол конуса  $\alpha$  выбирают в пределах  $5\text{--}10^\circ$ . Наименьший диаметр  $D_{K\min}$  и длину конуса  $l$  рассчитывают, зная диаметр базы заготовки и величину допуска на него (см. схему на рис. 3.46, б):

$$D_{K\min} = D_d - TD + d \cdot (1 + \cos\alpha) - 2 \cdot l_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha; \quad (3.111)$$

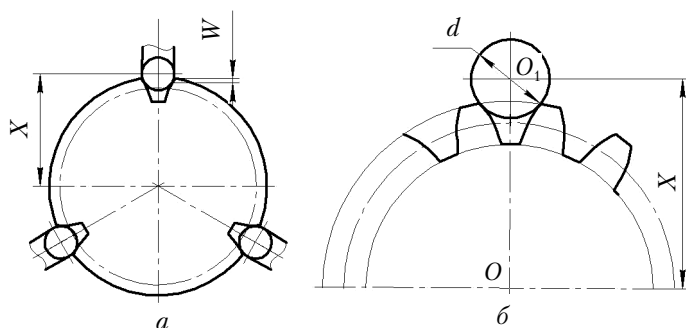
$$l = l_1 + l_2 + l_3, \quad (3.112)$$

где  $l_1$  — гарантированный запас хода;  $l_2$  — длина конуса, обеспечивающая зажим любой детали в пределах допуска на ее диаметр:

$l_2 = TD / 2\operatorname{tg}\alpha$ ;  $l_3$  — длина конуса, обеспечивающая гарантированный минимальный зазор между заготовкой и шариками в момент загрузки  $l_3 = S_{\min} / 2\operatorname{tg}\alpha$ , мм;  $d$  — диаметр шарика, мм,  $D_d, TD$  — диаметр технологической базы детали и допуск на этот размер, мм.

При установке длинных деталей применяют двухрядное расположение роликов в одном или разных сепараторах.

Широкое распространение шариковые патроны получили на операциях окончательного шлифования базовых отверстий зубчатых колес. На этих операциях обеспечивается высокая точность центрирования зубчатого венца за счет установки зубчатого колеса по эвольвентным поверхностям зубьев. Принципиальная схема такого центрирования приведена на рис. 3.47, а.



**Рис. 3.47.** Схема центрирование зубчатого колеса по рабочим поверхностям зубьев

Точку касания роликов с поверхностью зубьев располагают на расстоянии  $W = 1 \div 2$  мм от окружности выступов, чтобы ошибки по шагу меньше влияли на точность установки. При использовании шариков и роликов применяют специальные самоцентрирующие патроны — клиновые и мембранные. При конструировании таких патронов необходимо по параметрам зубчатого колеса определить диаметр ролика (шарика)  $d$  и расстояние между осями ролика и патрона  $X$ .

### 3.3.2. Рычажные центрирующие механизмы

В рычажных центрирующих механизмах установочно-зажимными элементами являются сами рычаги или кулачки, которые получают перемещение от рычагов. На рис. 3.48 приведена схема рычажного самоцентрирующего патрона, у которого кулачки 1 получают перемещение от рычагов 5, поворачивающихся вокруг осей 4,

Fig. 1.10

Силу тяги привода  $W$  рассчитывают по следующей формуле (выражение в скобках учитывает потери на трение в направляющих кулачков):

$$W = \frac{Q \cdot l_1}{l_2 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l_3}{l_1} \cdot f\right)} \cdot \eta_{\text{рыч}}, \quad (3.113)$$

Рычажный механизм способен развивать достаточно большую силу зажима. Погрешность центрирования такого механизма со-



ставляет 0,1–0,3 мм. Поэтому рычажные патроны используют на черновых и получистовых операциях.

Самоцентрирующие механизмы имеют значительную погрешность центрирования, вызванную большим числом сопряжений деталей, обеспечивающих встречное перемещение установочных элементов. Большую точность центрирования дают механизмы, установочные элементы которых объединены в одну деталь и перемещаются в пределах ее упругой деформации, т.е. механизмы с упругодеформируемыми элементами. Такой механизм можно изготовить с высокой точностью и обеспечить высокую точность упругого перемещения отдельных частей, поэтому данную группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся цанговые, мембранные и гидропластовые механизмы.

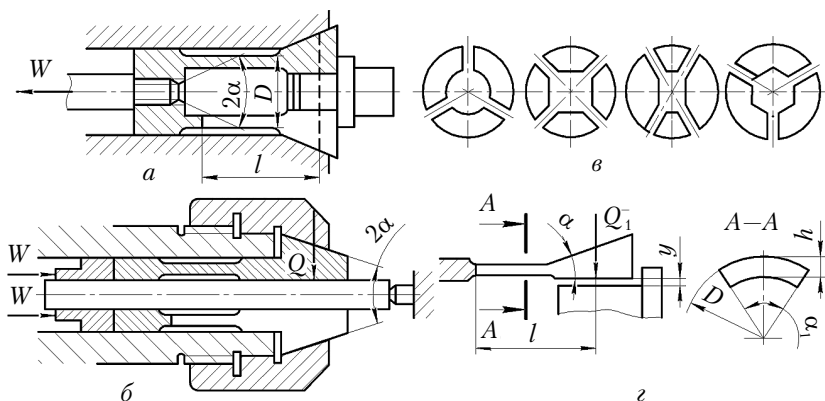
### 3.3.3. Цанговые механизмы

Цангами называются разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать заготовки по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы используют для центрирования и зажима пруткового материала разного профиля и отдельных заготовок.

Конструкции цанговых механизмов, предназначенных для центрирования по наружному диаметру представлены на рис. 3.49. Для закрепления штучных заготовок обычно применяют механизмы с тянущей цангой (рис. 3.49, *а*). Для ориентирования заготовки в осевом направлении внутри тянущей цанги устанавливается упор. Для закрепления пруткового материала чаще всего применяются механизмы с толкающей цангой. В этом случае упор для фиксирования прутка в осевом направлении устанавливается впереди цанги.

Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения при продольном движении цанги за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса [25]. Каждый лепесток цанги представляет собой плоский односкосый клин (см. рис. 3.49, *а, б*).

Так как радиальные перемещения всех лепестков цанги происходят одновременно и с одинаковой скоростью, механизм приобретает свойство самоцентрирования. Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра  $d$  и профиля зажимаемых заготовок (рис. 3.49, *в*). При  $d \leq 30$  мм цанга имеет три лепестка, при  $30 < d < 80$  мм — четыре, при  $d \geq 80$  мм — шесть (на рис. 3.49 не показаны).



**Рис. 3.49. Механизмы цанговые:**

$\alpha$  — половина угла конуса цанги, рад;  $\alpha_1$  — половина угла сектора лепестка цанги, рад;  $l$  — длина лепестка от места заделки до середины конуса цанги, см;  $h$  — толщина лепестка цанги, см;  $D$  — наружный диаметр поверхности лепестка, см;  $y$  — радиальный зазор между лепестком цанги и технологической базой заготовки (стрела прогиба)

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это определяет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки, который должен быть выполнен не грубее 9-го квалитета. Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,05–0,1 мм.

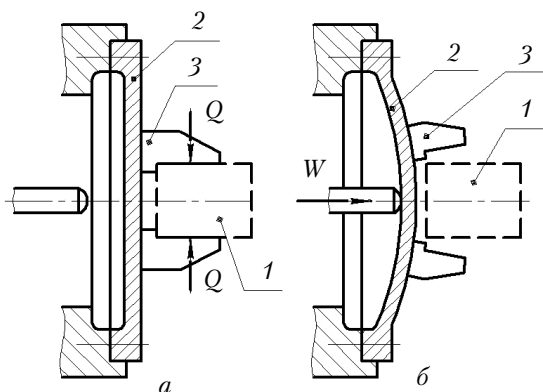
Цанги изготавливают из стали У8А или 65Г, крупные цанги — из стали 15ХА или 12ХН3А. Рабочую часть закаливают до твердости HRC 55–62. Хвостовую часть подвергают отпуску до твердости HRC 30–40.

### 3.3.4. Мембранные механизмы

Мембранные механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и т.п. Основной деталью такого механизма является мембрана. Применяют мембраны трех основных видов: рожковые, чашечные, кольцевые. Наиболее точными являются рожковые и чашечные. Патроны с рожковыми и чашечными мембранами могут обеспечить точность центрирования 0,003–0,005 мм. Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы. Кольцевые мембраны применяются в случаях, когда при значительных нагрузках они должны иметь малые габаритные размеры. Эти мембраны обычно применяют в виде пакетов. Кон-

струкции и основные параметры мембранных патронов стандартизованы. Чашечные и рожковые мембраны изготавливают из сталей 65Г, У10А, 30ХГС и подвергают термообработке до твердости HRC 40–45.

Из схемы, представленной на рис. 3.50, видно, что обрабатываемая деталь 1 зажимается тремя кулачками 3 за счет внутренних сил упругости мембраны 2. Сила тяги  $W$  разводит кулачки при откреплении детали 1. Для определения силы закрепления, действующей в мембранном механизме, рассматривают мембрану как круглую пластину, которая заделана по контуру. Пластина нагружена равномерно распределенным по окружности расположению кулачков изгибающим моментом.



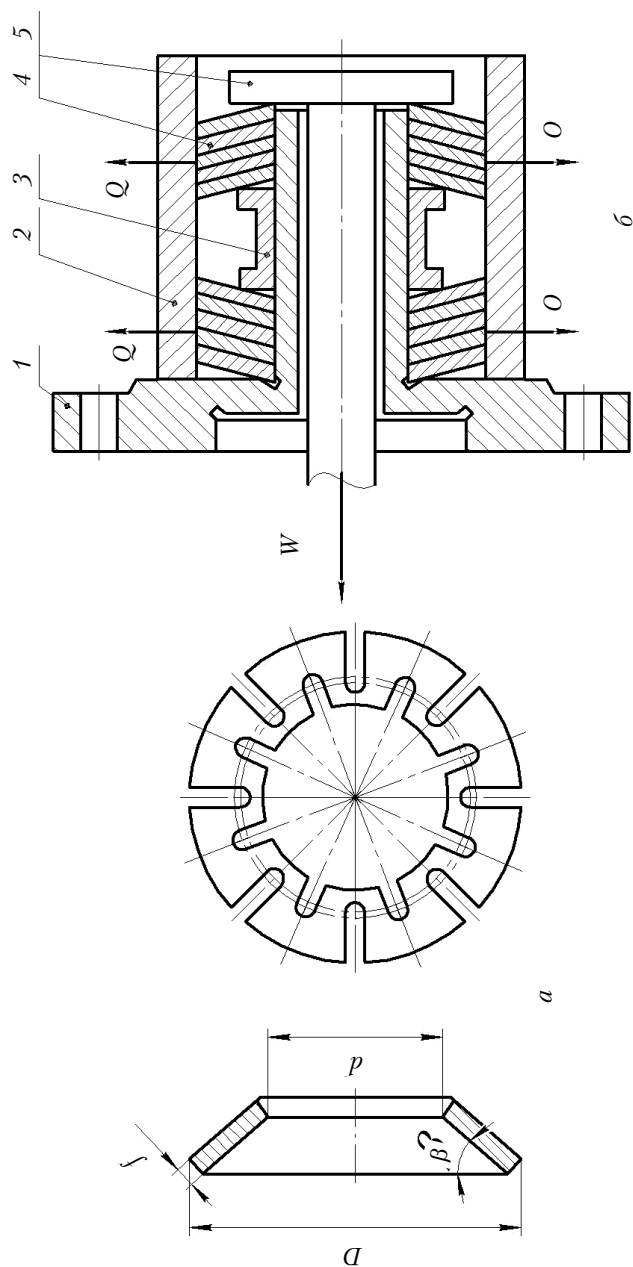
**Рис. 3.50.** Схема самоцентрирующего патрона с мембраной

### 3.3.5. Патроны с кольцевыми мембранами

На рис. 3.51, а показана кольцевая мембрана, а на рис. 3.51, б — схема механизма с двумя пакетами мембран. На корпус 1 надеты два пакета мембран 4, между которыми расположена втулка 3. Если стержень 5 перемещать влево, то пакеты сплющиваются, увеличиваются в диаметре и деталь 2 центрируется и зажимается. Диаметры колец могут увеличиваться на 0,15–0,4 мм в зависимости от размера. Базовые поверхности заготовки могут быть 7–11-го качества. Точность центрирования находится в пределах 0,01–0,03 мм.

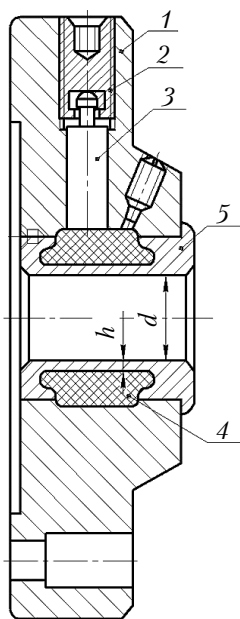
### 3.3.6. Патроны с использованием гидропластмассы

Широкое распространение получили патроны с использованием гидропластмассы (рис. 3.52). Патроны с гидропластмассой применяются



**Рис. 3.51.** Схема патрона с кольцевыми мембранами

для центрирования заготовок и по наружному, и по внутреннему диаметру. Погрешность центрирования заготовок в патронах с гидропластмассой составляет не более 0,01 мм. С этим связано то, что точность базовых поверхностей закрепляемых должна быть не ниже 7–9-го качества /25/. Конструктивно такой патрон представляет собой корпус 1, в который запрессована тонкостенная втулка 5. Гидропластмасса 4 расположена между корпусом 1 и тонкостенной частью втулки 5, где под нее расточена кольцевая замкнутая полость. Давление на гидропластмассу  $p$ , создаваемое винтом 2 через плунжер 3, деформирует тонкостенную часть втулки, которая не только центрирует, но и зажимает заготовку.



**Рис. 3.52.** Самоцентрирующий патрон с гидропластмассой

При проектировании механизмов с гидропластмассой рассчитывают: параметры упругих тонкостенных втулок; размеры нажимных винтов и плунжеров у приспособлений с ручным приводом; размеры плунжеров, диаметр цилиндра и ход поршня (у приспособлений с механизированным приводом). Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А, 30ХГС, которые подвергают термообработке до твердости HRC 35–40. Точный расчет оправки с гидропластмассой как упругой оболочки, нагруженной давлением  $p$ , очень сложен, поэтому здесь не приводится.

### *Вопросы для самоподготовки*

1. Какие механизмы и по каким признакам относят к самоцентрирующим?
2. Приведите классификацию самоцентрирующих механизмов по форме рабочей поверхности подвижных элементов.
3. Приведите классификацию самоцентрирующих механизмов по конструкции механизма, обеспечивающего взаимосвязанное движение подвижных элементов.
4. Приведите принципиальную схему винтового самоцентрирующего механизма.
5. Опишите реечно-зубчатый механизм, его конструкцию, назначение, принцип работы.
6. За счет чего производится зажим заготовки при использовании спирально-реечных механизмов? Каковы их конструкция, назначение, принцип работы?
7. За счет чего производится зажим заготовки при использовании клиноплунжерных механизмов? Каковы их конструкция, назначение, принцип работы?
8. Каково назначение, конструкция, принцип работы клиношарикового механизма?
9. Каким образом производится установка зубчатого колеса по эвольвентным поверхностям зубьев при шлифовании базового отверстия?
10. Опишите рычажные центрирующие механизмы, их конструкцию, назначение, принцип работы.
11. За счет чего производится зажим заготовки при использовании цапговых механизмов? Каковы их конструкция, виды, назначение, принцип работы?
12. Каковы назначение, конструкция, принцип работы мембранного патрона?
13. Опишите конструкцию, назначение, принцип работы патронов с кольцевыми мембранами.
14. За счет чего производится зажим заготовки в патронах с использованием гидропластмассы? Каковы их конструкция, назначение, принцип работы?

### **3.4. СИЛОВЫЕ ПРИВОДЫ**

*В данном пункте рассмотрены силовые приводы приспособлений, использующие различную исходную энергию и преобразующие ее в механическую, необходимую для работы зажимных механизмов.*

Силовой агрегат привода приспособления — преобразователь какого-либо вида энергии в механическую, необходимую для выполнения приспособлением его служебного назначения. Основное назначение силового привода в приспособлении — создание ис-

ходной силы тяги  $W$ , которая требуется для зажима заготовки с заданной силой  $Q$ . Однако этим функции силовых приводов этим не ограничиваются. Они достаточно разнообразны, в частности, к таковым относятся:

- непосредственное закрепление заготовок;
- механизацию и автоматизацию приемов загрузки и выгрузки заготовок;
- поворот и наклоны приспособления (наклонно-поворотные приспособления);
- автоматическое включение и выключение станка в системе управления процессом обработки;
- транспортирование деталей, а том числе их ориентацию;
- повышение производительности труда и др.

По виду преобразуемой энергии различают следующие классы приводов [25]: пневматические; гидравлические; пневмогидравлические; электрические; электромагнитные; магнитные; вакуумные; центробежно-инерционные; от сил резания (энергия привода главного движения станка); от движущихся частей станка.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные приводы.

### **3.4.1. Пневматические приводы**

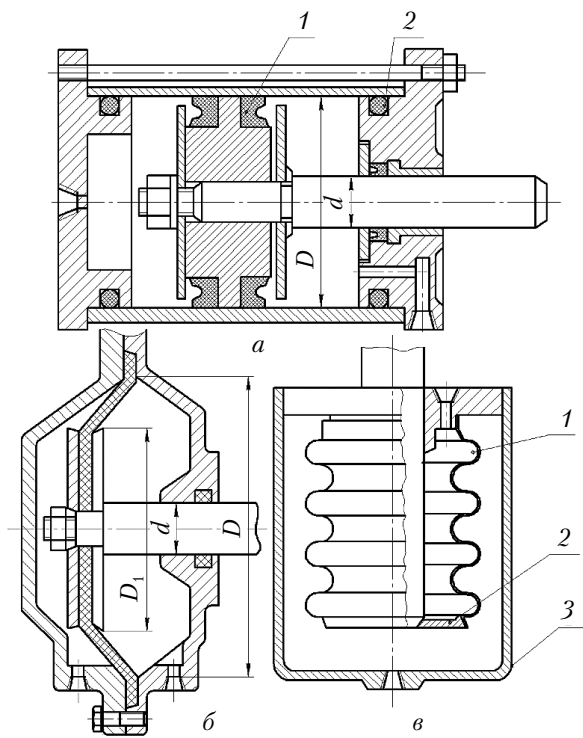
Пневмопривод широко используют в приспособлениях из-за простоты конструкции, легкости и простоты управления, надежности и стабильности в работе, а также его быстродействия (скорость срабатывания пневмопривода — доли секунды). Исходной энергией в пневматических приводах является энергия сжатого воздуха. Основными недостатками пневматических приводов являются неплавное перемещение штока, шум при выпуске отработанного воздуха.

Основные части пневмопривода:

- источник сжатого воздуха, как правило, это цеховая или заводская компрессорная установка;
- силовой агрегат — пневмодвигатель (пнеumoцилиндр, пневмокамера и др.), который преобразует энергию сжатого воздуха в силу  $W$  на штоке;
- пневмоаппаратура, к которой относятся распределительные, предохранительные устройства, контролирующие приборы, воздухопроводы и т.д.

Пневмодвигатель может быть встроенным в конструкцию приспособлением, прикрепляемым или агрегатируемым. Как правило, в конструкцию приспособления komponуется только пневмодвига-

тель, а остальные части размещают вне приспособления. С приспособлением они соединяются помощью воздухопроводов.



**Рис. 3.53.** Типы пневмодвигателей:  
пневмоцилиндр (а), пневмокамера (б), сифонный пневмодвигатель (в)

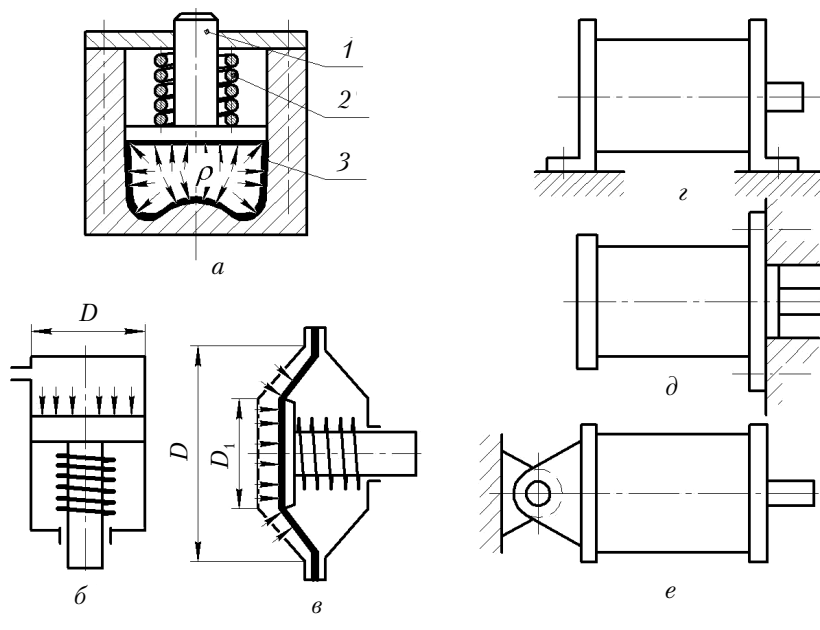
Пневмокамеры представляют собой конструкцию из двух литых или штампованных чашек, между которыми зажата упругая диафрагма из стали, прорезиненной ткани или листовой резины.

Рабочая полость сифонного двигателя представляет собой гофрированную замкнутую камеру 1 из тонколистовой коррозионностойкой стали, латуни или фосфористой бронзы, упругодеформирующуюся в направлении рабочего хода штока 2 под действием сжатого воздуха. Обратный ход осуществляется при подаче воздуха внутрь камеры 3. Рабочий ход штока пневмокамеры и сифона в связи с этим ограничен величиной возможной упругой деформации, тогда как у пневмоцилиндра он может быть любым. Недостатком пневмоцилиндра является то, что для герметизации рабочих полостей он требует уплотнений на поршне и штоке, которые



довольно быстро изнашиваются (обычно срок их службы не превышает 10 тыс. циклов), диафрагмы более долговечны (до 600 тыс. циклов). Сильфон уплотнений не требует. В современных пневмодвигателях применяют две разновидности стандартных уплотнений (рис. 3.53, *a*): 1 — манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков; 2 — кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней, штоков и неподвижных соединений.

Применяют также оригинальные многеместные приспособления с трубчатыми диафрагмами. Концы трубок закрыты пробками, и в одну из пробок ввинчен штуцер для подачи сжатого воздуха. При впуске сжатого воздуха диафрагма 3 (рис. 3.54, *a*) расширяется, сжимает пружины 2 и перемещает плунжеры 1, зажимая детали. При выпуске воздуха плунжеры возвращаются в исходное положение под действием пружин.



**Рис. 3.54.** Пневмодвигатели одностороннего действия:  
*a–в* — схемы пневмодвигателей одностороннего действия; *г–е* — способы крепления пневмоцилиндра на корпусе (*г* — стационарное на лапках (ножках); *д* — стационарное на фланце; *е* — шарнирное с помощью ушка на крышке цилиндра)

По источнику энергии обратного хода различают приводы одностороннего действия, в которых рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой — усилием пружины, и двустороннего действия. Приводы одностороннего действия применяют в следующих случаях: либо не требуется большой ход штока, либо на обратном ходе не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение. На рис. 3.54, б, в представлены схемы пневматических цилиндра и камеры. В них сжатый воздух действует на поршень или на диафрагму, которые передают давление штоку, а через шток — зажимному механизму. В исходное положение поршень и диафрагма возвращаются под действием пружины. Диафрагмы выполняют из стали, прорезиненной ткани, листовой резины.

Силу на штоке одностороннего цилиндра рассчитывают по формуле:

$$W = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta - q, \quad (3.114)$$

где  $p$  — давление воздуха в сети, бар;  $D$  — диаметр поршня, см;  $\eta = 0,97 \div 0,98$  — КПД цилиндра;  $q$  — сила сопротивления предельно сжатой пружины обратного хода, кгс.

На рис. 3.55, а представлена расчетная схема пневмокамеры. При расчете силы на штоке пневмокамеры  $W$  необходимо учитывать, что в связи с жестким креплением диафрагмы в корпусе не вся сила сжатого воздуха передается на шток. Часть этой силы, приходящейся на кольцевую площадку  $0,5 (D - D_1)$ , передается корпусу (рис. 3.54, в). Поэтому полезную силу тяги  $W$  на штоке односторонней пневмокамеры можно представить состоящей из силы  $W_1$ , приходящейся на шайбу радиусом  $R_1 = 0,5D_1$ , и силы  $W_2$ , приходящейся на кольцевую площадку, за вычетом силы  $q$ , необходимой для сжатия пружины:

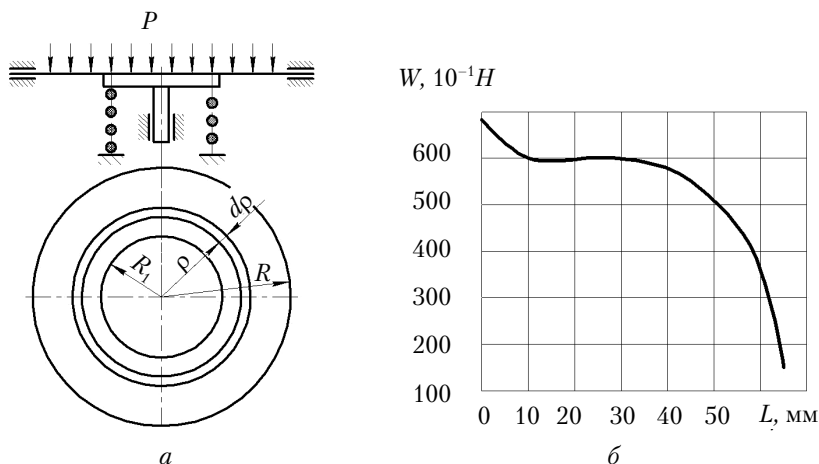
$$W = W_1 + W_2 - q. \quad (3.115)$$

Тогда силу на штоке одностороннего цилиндра можно рассчитать по формуле

$$W_1 = 0,25 \cdot p \cdot \pi \cdot D_1^2 = p \cdot \pi \cdot R_1^2. \quad (3.116)$$

Силу  $W$  можно определить, пренебрегая упругостью материала диафрагмы, по зависимости:

$$W = \frac{\pi \cdot p}{3} \cdot (R^2 + R \cdot R_1 + R_1^2) - q. \quad (3.117)$$



**Рис. 3.55.** Схема для расчета силы на штоке пневмокамеры и график зависимости силы тяги от хода штока ( $R = 0,5D$ )

Величина силы  $W$  зависит от положения диафрагмы в камере, которое непрерывно изменяется за время рабочего хода штока. Изменение силы  $W$  объясняется зависимостью величины  $q$  и упругого сопротивления материала мембраны от хода штока. На рис. 3.55, б приведен график изменения силы тяги  $W$  в зависимости от длины рабочего хода  $L$  штока для нормализованной камеры диаметром 230 мм при давлении в сети  $p = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$  (4 бар). Как видно из графика, кривая изменения силы имеет три характерных участка — в начале и конце рабочего хода сила резко уменьшается, в середине — стабилизируется. Поэтому при конструировании приспособлений с пневмокамерами рабочий ход следует выбирать таким, чтобы при закреплении заготовки диафрагма занимала примерно среднее положение.

Для пневмокамеры с чашечной диафрагмой силу на штоке рассчитывают по формуле

$$Q = C \cdot p \cdot D^2, \text{ где } C = f\left(L, \frac{D}{d}\right); \quad (3.118)$$

где  $D$  — диаметр диафрагмы по линии заделки;  $L$  — длина рабочего хода,  $d$  — диаметр опорной шайбы штока.

Приводы двустороннего действия применяются в тех случаях, когда требуется большой ход штока; необходимо приложить значительную силу для возврата в исходное положение зажимных элементов; оба хода должны быть рабочими. В таких цилиндрах (или камерах) воздух поочередно поступает в правую или левую полости. Силу на штоке при прямом и обратном ходе рассчитывают по следующим формулам (в зависимости от площади поршня, воспринимающей давление):

- для цилиндра

$$|\overline{W}| = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta; |\overline{W}| = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \eta; \quad (3.119)$$

- для пневмокамеры

$$\begin{aligned} \overline{W} &= \frac{\pi \cdot p}{3} \cdot (R^2 + R \cdot R_1 - R_1^2); \\ \overline{W} &= \frac{\pi \cdot p}{3} \cdot \left( R^2 + R \cdot R_1 - R_1^2 - \frac{d^2}{4} \right), \end{aligned} \quad (3.120)$$

где  $d$  — диаметр штока.

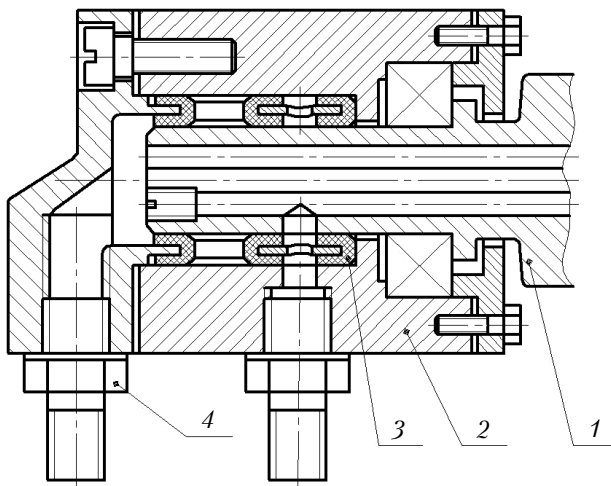
Чтобы сделать силу зажима большей без увеличения диаметра цилиндра, применяют сдвоенные и строенные пневмокамеры и цилиндры. Силу на штоке определяют по формулам, аналогичным указанным выше.

По методам компоновки с приспособлением приводы могут быть прикрепляемыми, встроенными, агрегатируемыми. Прикрепляемые приводы — нормализованные агрегаты, которые прикрепляют к корпусу приспособления. При износе такой привод может быть легко заменен новым. Если приспособление снимают с производства, привод можно использовать для другого приспособления. Такие приводы применяют в серийном и в массовом производствах.

Прикрепляемые приводы бывают трех типов, отличающихся способом закрепления на корпусе, — неподвижные, качающиеся и вращающиеся. Неподвижные приводы крепят к приспособлению с помощью ножек или фланцев (см. рис. 3.54, *з, д*). Качающиеся приводы применяют для предотвращения изгиба штока при соединении его с качающимся рычагом. Крепление производят с помощью специально отлитого ушка на крышке цилиндра (см. рис. 3.54, *е*). Вращающиеся цилиндры применяются для закрепления деталей на токарных и круглошлифовальных станках, а также в поворотных приспособлениях. Их укрепляют на шпин-

деле станка с помощью переходной планшайбы. Пневмоцилиндр вращается вместе со шпинделем станка, а муфта, обеспечивающая подачу воздуха во вращающуюся систему, не вращается.

На рис. 3.56 приведена конструкция вращающейся муфты, где втулку 2 устанавливают на валик 1, закрепленный во вращающемся цилиндре. В валике 1 имеются два канала, которые направляют сжатый воздух от штуцеров 4 в одну или другую полость цилиндра. Манжеты 3 изолируют каналы друг от друга.



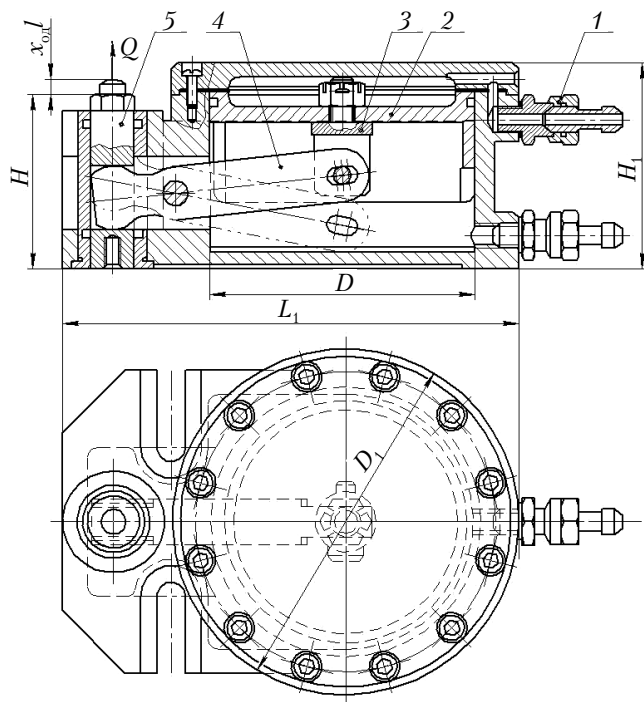
**Рис. 3.56.** Муфта для подачи сжатого воздуха во вращающийся пневмоцилиндр

Конструкции прикрепляемых пневмодвигателей нормализованы и стандартизованы в пределах рабочих диаметров 25–400 мм. При разработке оригинальных по креплению к приспособлению пневмоцилиндров рекомендуется использовать стандартные гильзы, поршни, штоки и т.д.

Встроенные пневмодвигатели отличаются тем, что полость под поршень или диафрагму растачивают непосредственно в корпусе приспособления. Используют стандартные поршни, штоки, уплотнения. Встроенные двигатели являются специальными и повторного использования не допускают; их применяют в крупносерийном и массовом производствах. Достоинством приспособлений со встроенными приводами является их большая компактность.

Агрегатируемый пневмодвигатель представляет собой самостоятельный механизм, закрепляемый на станке отдельно от приспособления.

собления. Часто в его конструкцию вводят рычажный усилитель. Таким пневмодвигателем можно приводить в действие несколько последовательно устанавливаемых на станок приспособлений для крепления различных заготовок. Такие приводы используют в серийном производстве. На рис. 3.57 показан универсальный пневматический цилиндр. При опускании поршня 2 вниз под действием сжатого воздуха, впускаемого через штуцер 1, рычаги 3, 4 поворачиваются вокруг оси и поднимают шток 5 вверх.



**Рис. 3.57.** Агрегатируемый универсальный пневмоцилиндр с рычажным усилителем

### 3.4.2. Гидравлические приводы

В гидроприводах исходной энергией является потенциальная энергия (энергия давления) рабочих жидкостей (обычно масла). По сравнению с пневмоприводом гидропривод имеет следующие преимущества.

1. Резко уменьшает габаритные размеры силовых агрегатов, а следовательно, и всего приспособления в связи с тем, что дав-

ление масла в 10–30 раз выше, чем воздуха. При этом сокращается расход металла, увеличивается жесткость приспособления, что позволяет вести обработку на максимальных режимах резания.

2. Большие силы со штока гидроцилиндров можно передавать непосредственно на заготовку без применения зажимных механизмов — усилителей. При этом КПД зажима растет, упрощается конструкция приспособления.

3. Возможно осуществление многократного зажима без механических усилителей путем компоновки нужного числа цилиндров, управляемых одним золотником. Как правило, в этом случае конструкция приспособления получается более компактной и дешевой.

4. Компактность гидроцилиндров позволяет создавать удобные агрегатируемые приводы для приспособлений серийного производства.

5. Гидроприводы работают более плавно и бесшумно.

6. Рабочая жидкость одновременно выполняет и функции смазки, предохраняя движущиеся части от износа и коррозии.

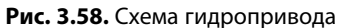
7. Компактность гидроцилиндров позволяет размещать их на подвижных частях (плавающие цилиндры).

Вместе с тем существенными недостатками гидропривода являются его высокая первоначальная стоимость (за счет сложности нагнетательных аппаратов, управляющей и контрольно-регулирующей аппаратуры), а также повышенные требования к эксплуатации в целях предупреждения утечки масла. В связи с этим наиболее эффективно применение гидропривода в приспособлениях, предназначенных для гидрофицированных станков при подключении его к гидросистеме станка. Если станок не гидрофицирован, то создание специального гидропривода для приспособления, ввиду его высокой стоимости, эффективно только в условиях массового и крупносерийного производства.

Стремление использовать достоинства гидропривода в приспособлениях для серийного производства привело к агрегатированию гидроприводов, которые обслуживают несколько приспособлений, что значительно сокращает эксплуатационные расходы, приходящиеся на каждое приспособление.

На рис. 3.58 приведена структурная схема гидропривода станочного приспособления для зажима заготовки 6 рычагом 5. Гидропривод состоит из масляной ванны 1, гидронасоса 2, управляющей аппаратуры 3 (гидрораспределитель), силового агрегата поршневого типа 4 (гидроцилиндр), контрольно-регулирующей аппаратуры 7 (сюда относятся предохранительный и обратный клапаны, дроссели, манометры и т.п.) и трубопроводов 8. Конструкции гидро-

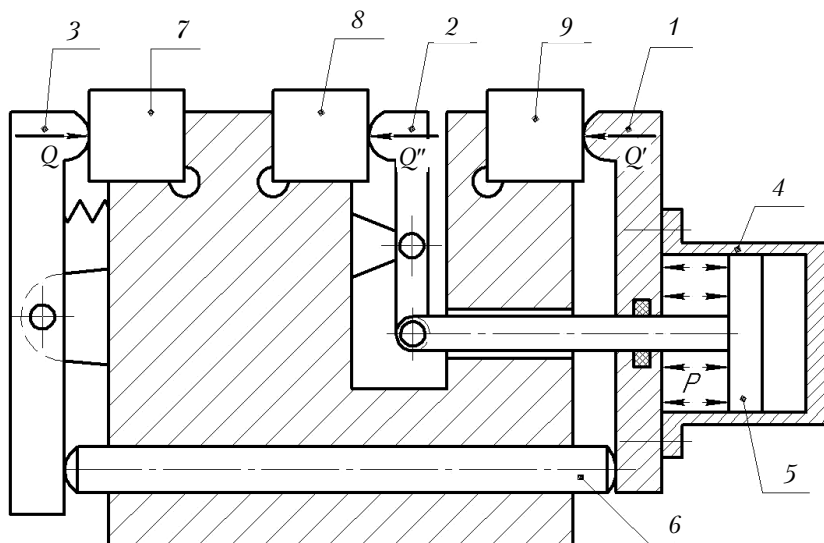
128



В пневмогидравлическом приводе исходной энергией является потенциальная энергия сжатого воздуха, которая преобразуется сначала в энергию сжатой жидкости, а затем уже в силу на штоке. Создание пневмогидропривода представляет собой попытку использовать одновременно достоинства пневмо- и гидропривода. Принципиальная схема пневмогидравлического привода показана на рис. 3.60. Сжатый воздух подается в цилиндр 1, шток которого является поршнем гидроцилиндра 2. Масло из цилиндра 2 поступает по трубопроводу 3 в гидроцилиндр 4, шток которого



создает силу  $Q$ . Обратный ход поршней цилиндров 1 и 4 осуществляется за счет усилий пружин 5 и 6. Если рабочий ход поршней велик, то обратный ход может осуществляться сжатым воздухом. Резервуар 7 служит для пополнения утечек масла в системе. Конструктивно вся схема может быть выполнена либо в виде единого блока, либо с отдельно вынесенным гидроцилиндром 4. Во втором случае компактный цилиндр 4 устанавливают вместе с приспособлением, а блок цилиндров 1 и 2 устанавливается вне рабочей зоны станка.



**Рис. 3.59.** Схема много местного зажима с плавающим гидроцилиндром

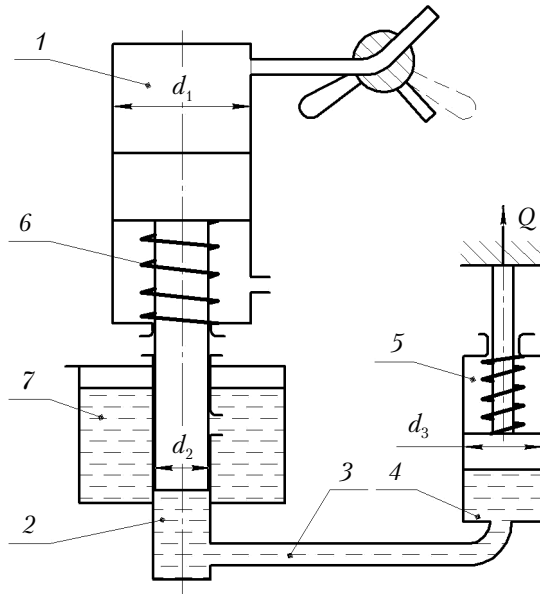
Пневмоцилиндр 1 развивает на штоке пневмоцилиндра 1 силу  $Q'$ :

$$Q' = p \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot \eta_{\text{пн}}, \quad (3.121)$$

где  $p$  — давление воздуха в пневмосети;  $\eta_{\text{пн}}$  — КПД пневмоцилиндра;  $d_1$  — диаметр поршня пневмоцилиндра.

Определяем давление  $p'$  в гидроцилиндре 2, рассматривая в равновесии шток пневмоцилиндра:

$$p \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = p' \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}, \quad (3.122)$$



**Рис. 3.60.** Принципиальная схема пневмогидравлического привода

Откуда

$$p' = p \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot \eta_{\text{пн}}, \quad (3.123)$$

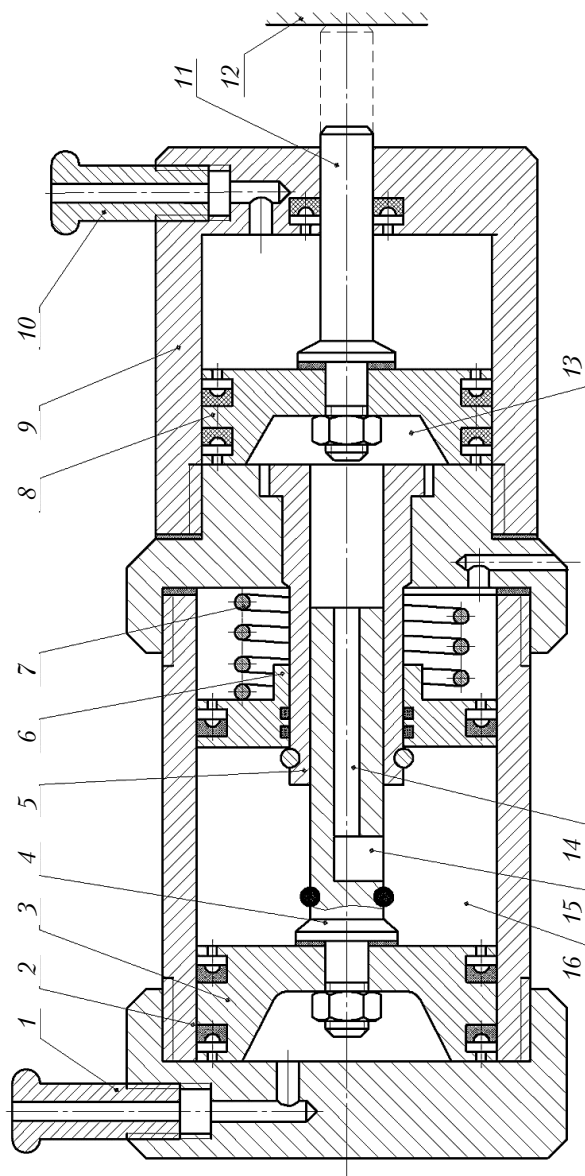
где  $d_2$  — диаметр поршня гидроцилиндра.

В результате на штоке цилиндра 4 развивается сила  $Q$ :

$$Q = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_1^2 \cdot d_3^2}{d_2^2} \cdot \eta_{\text{пн}} \cdot \eta_{\text{г}}, \quad (3.124)$$

где  $\eta_{\text{г}}$  — КПД гидроцилиндра.

Существенным недостатком привода, представленного на рис. 3.60, является сравнительно большой ход пневмоцилиндра 1, необходимый для получения относительно небольших перемещений штока цилиндра 4. Для устранения этого недостатка разработан ряд конструкций, позволяющих осуществить предварительный быстрый подвод штока, а давление жидкости увеличивать только в конце хода штока гидроцилиндра. Пример такой конструкции показан на рис. 3.61. Поршень 3 в цилиндре 2 под



**Рис. 3.61.** Пневмогидравлический привод

давлением воздуха, поступающего через штуцер 1, перемещается вправо, создавая в полости 16 гидроцилиндра 2, заполненной маслом, небольшое давление. Это давление создается за счет сжатия пружины 7 подвижной шайбой 6. Масло через окно 15 и канал 14 в штоке 4 вытесняется в полость 13 гидроцилиндра 9. При этом поршень 8 перемещается быстро вправо до контакта штока 11 с заготовкой 12. Увеличение давления масла в гидроцилиндре 9 достигается в конце хода поршня 3, когда окно 15 штока 4 полностью войдет во втулку 5. Обратный ход привода осуществляется за счет подачи сжатого воздуха в цилиндр 9 через штуцер 10. Такой привод при равных диаметрах пневмоцилиндра и гидроцилиндра, обеспечивает силу на штоке гидроцилиндра в 200–250 раз большую, чем на штоке пневмоцилиндра.

### 3.4.3. Вакуумные зажимные устройства

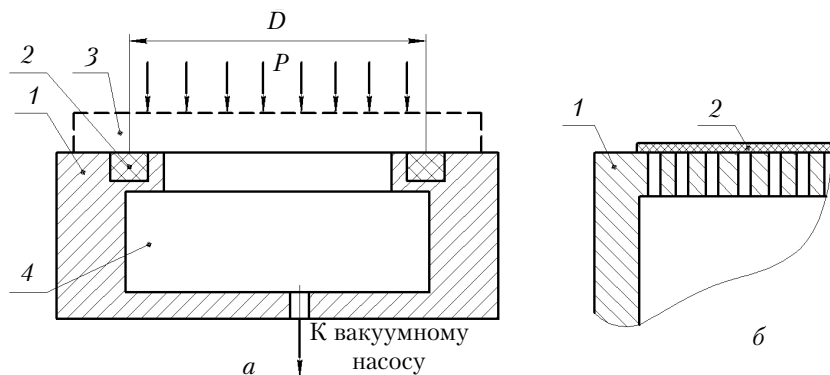
Зажим заготовки в вакуумных зажимных устройствах осуществляется под действием атмосферного давления. Их применяют для зажима заготовок из различных материалов с плоской базовой поверхностью на чистовых операциях.

На рис. 3.62 показаны схемы вакуумных зажимных устройств. Заготовку 3 устанавливают на приспособление 1, из полости 4 отсасывается воздух (рис. 3.62, а). Для уменьшения времени срабатывания объем этой полости должен быть минимальным. Атмосферное давление прижимает заготовку к корпусу. Для обеспечения герметичности в системе установлено уплотнение 2 из резинового шнура. При установке тонкостенной заготовки чистой шлифованной базой допускается применение приспособлений без уплотнений. В этом случае на установочной плоскости 1 делается ряд мелких, тесно расположенных отверстий, через которые отсасывается воздух, и происходит многоточечный прижим заготовки 2 к установочной плоскости 1 (рис. 3.62, б).

Сила, прижимающая заготовку, может быть определена по зависимости:

$$Q = F \cdot (1,033 - p) \cdot K, \quad (3.125)$$

где  $F$  — полезная площадь прижима, см<sup>2</sup> (площадь, ограниченная резиновым уплотнением, или суммарная площадь отверстий в крышке); 1,033 — атмосферное давление, бар;  $p$  — остаточное давление в вакуумной камере, бар;  $K$  — коэффициент герметичности вакуумной системы ( $K = 0,8 + 0,85$ ).



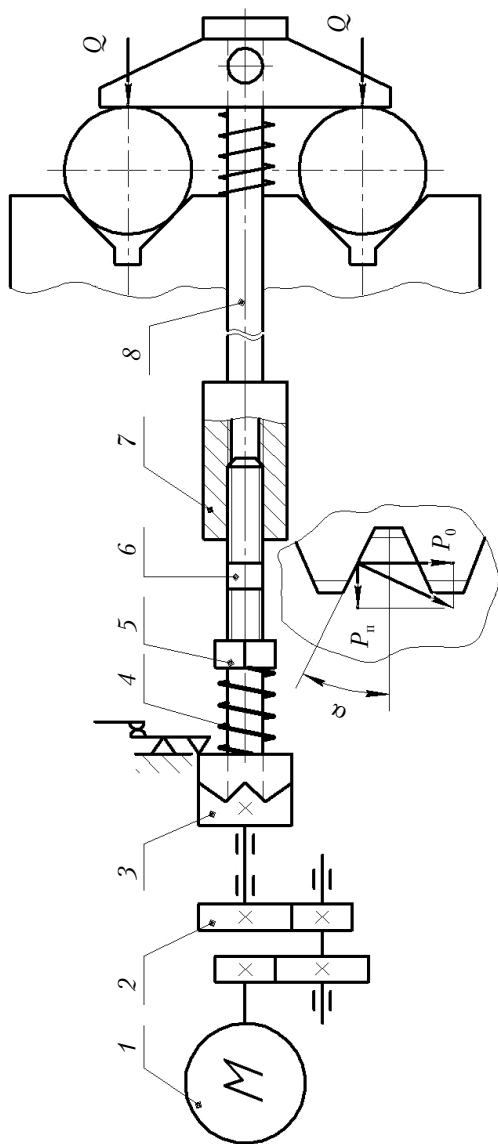
**Рис. 3.62.** Схемы вакуумного зажима

### 3.4.4. Электромеханические приводы

Электромеханический привод представляет собой электродвигательное устройство с муфтой тарирования крутящего момента. Эти приводы используют в приспособлениях станков токарно-револьверной группы, агрегатных станков, в качестве приводов винтовых зажимов приспособлений — спутников автоматических линий. Схема такого привода приведена на рис. 3.63. От электродвигателя 1 через редуктор 2, кулачковую муфту 3 вращение передается на винт 6, который перемещает гайку 7 с тягой зажимного механизма 8. При достижении на заготовках необходимой силы зажима правая половина муфты 3 останавливается и отжимается вправо, сжимая пружину 4. Концевой выключатель отключает двигатель. Величину исходной силы на тяге 8 можно регулировать, изменяя предварительную затяжку пружины гайкой 5. Задавая момент  $M$ , который должна передать муфта 3 для получения необходимой силы  $W$ , можно определить силу предварительной затяжки пружины (см. рис. 3.63). Открепление заготовки осуществляется при реверсировании электродвигателя 1.

### 3.4.5. Электромагнитные приводы

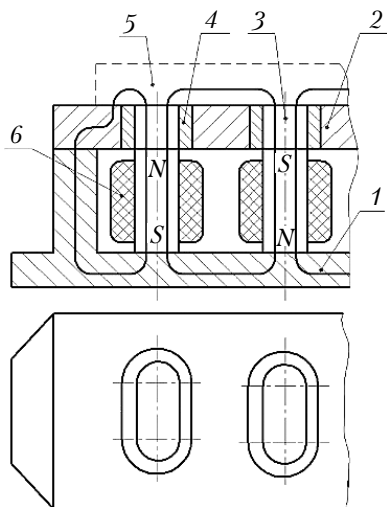
Электромагнитные зажимные устройства применяют обычно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью. Электромагнитный привод обладает рядом преимуществ, способствующих его применению в станочных приспособлениях, к ним относятся: равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности



**Рис. 3.63.** Схема электропривода

заготовки, что резко снижает погрешность закрепления; высокая жесткость приспособления; свободный доступ к обрабатываемым поверхностям заготовки; удобство управления приводом.

На рис. 3.64 показана схема плиты, состоящей из корпуса 1, в котором находятся электромагниты 6, а также крышки 2, в которой заключены полюсники 3. Полюсники окружены изоляцией из немагнитного материала 4. Заготовку 5 устанавливают на крышку 2. Заготовка, являясь проводником магнитного потока, замыкает магнитный поток между двумя полюсниками, что прижимает ее к зеркалу плиты (магнитный поток показан на рис. 3.64 тонкими линиями). Сила притяжения заготовки зависит от материала, габаритных размеров и шероховатости опорной поверхности заготовки и от характеристики магнитной плиты. При закреплении тонкостенных заготовок величина силы притяжения зависит от толщины заготовки. Это связано с тем, что при малой толщине заготовки не весь магнитный поток замыкается через нее, часть его рассеивается в окружающее пространство. С увеличением толщины заготовки сила притяжения увеличивается, а при толщинах, больших ширины полюсников — стабилизируется. С увеличением высоты (микронеровностей базовой поверхности заготовки увеличивается воздушный зазор между заготовкой и полюсниками и сила притяжения уменьшается. Силы, развиваемые электромагнитными, невелики, поэтому их применяют для отделочных операций.



**Рис. 3.64.** Схема электромагнитного привода

Электромагнитные приспособления стандартизованы, их выпускают на специализированных заводах. Значительное расширение возможностей применения электромагнитных плит дают переходники (наставки), которые устанавливаются на плиту. Переходники дают возможность закреплять заготовки, имеющие сложную форму базовой поверхности, или плоские заготовки под углом.

### 3.4.6. Магнитные приводы

В магнитных зажимных устройствах установлены постоянные магниты. Удерживаемая заготовка является якорем, через который замыкается магнитный силовой поток. Для открепления детали магнит должен быть сдвинут или повернут с тем, чтобы магнитный поток замкнулся, минуя заготовку. На рис. 3.65 показана магнитная призма для закрепления цилиндрических заготовок. При горизонтальном положении магнита **1** магнитный силовой поток проходит через обе щеки **2** и **3** призмы, разделенные немагнитной пластиной **4**, и прижимает заготовку **5** к призме. При вертикальном положении магнита магнитный поток замыкается в корпусе, и заготовка освобождается. Магнитные приводы имеют преимущества перед электромагнитным, так как у них отсутствует питание током, а следовательно, они более безопасны в работе, и стоимость их эксплуатации ниже. Магнитные зажимные устройства, так же как и электромагниты, представляют собой в основном плиты и планшайбы.

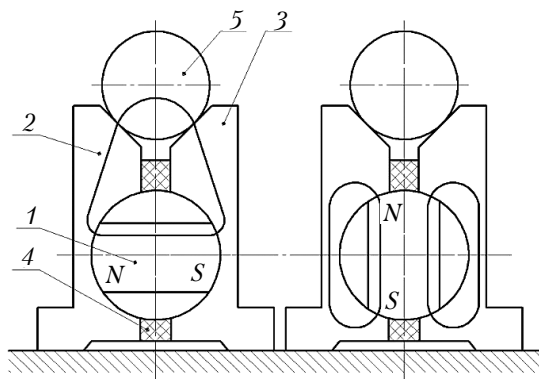


Рис. 3.65. Схема магнитного привода

### 3.4.7. Центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся частей станка и сил резания

Эти приводы применяют для быстроходных станков токарной группы. Грузы обычно размещают на шпинделе станка. Преиму-

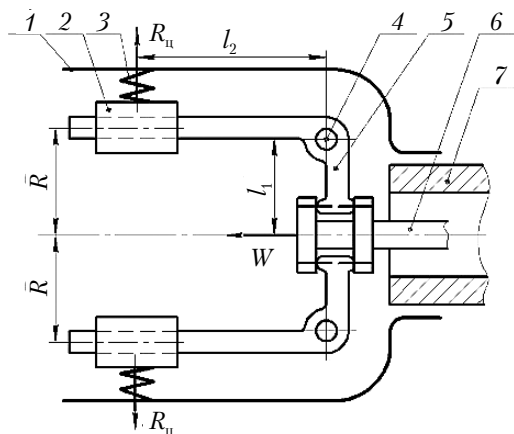


щества этих устройств в том, что они не требуют дополнительного источника энергии, просты в изготовлении и эксплуатации, включаются автоматически.

На рис. 3.66 показана схема центробежно-инерционного привода. Грузы 2 надеты на большие плечи рычагов 5, меньшие плечи связаны с тягой 6, пропущенной через полость шпинделя 7. Сам привод закреплен на заднем конце шпинделя 7. При вращении шпинделя 7 грузы расходятся, поворачивая рычаги вокруг осей 4, при этом тяга 6 перемещается и приводит в действие зажимной механизм, установленный на переднем конце шпинделя станка. Возвращение грузов и раскрепление заготовки производится пружинами 3. Регулирование силы зажима производится перемещением грузов по рычагам. Силу тяги рассчитывают по формуле

$$W = \left( \frac{G \cdot R \cdot \omega^2}{g} - q \right) \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot n, \quad (3.126)$$

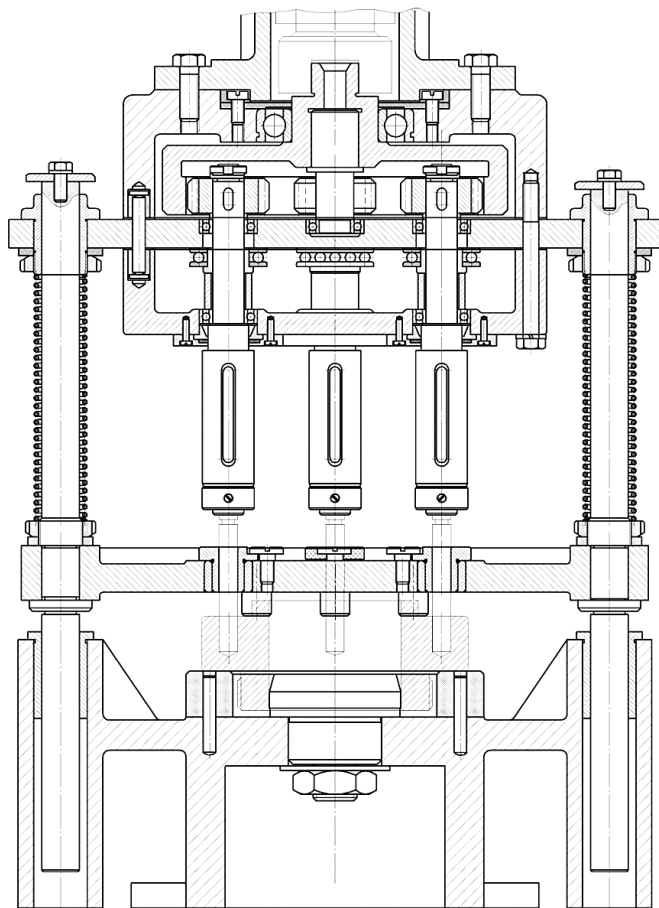
где  $G$  — вес груза, Н;  $\omega$  — угловая скорость вращения шпинделя,  $c^{-1}$ ;  $g$  — ускорение силы тяжести (ускорение свободного падения),  $m/c^2$ ;  $q$  — сила сопротивления пружины, Н;  $n$  — число грузов;  $l_1$  и  $l_2$  — плечи рычага;  $R$  — радиус расположения грузов относительно оси вращения привода в выключенном состоянии, м.



**Рис. 3.66.** Схема центробежно-инерционного привода

### 3.4.8. Приводы от движущихся частей станка и сил резания

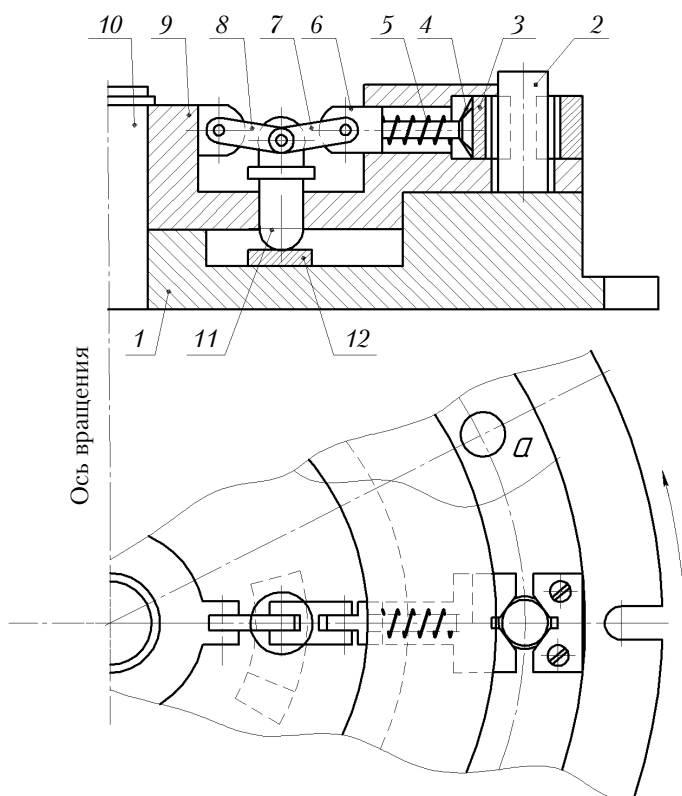
На сверлильных и фрезерных станках для привода зажима часто используют движение подачи. Зажимной механизм в этом случае обязательно содержит упругое звено (пружину, мембрану и т.п.), необходимое для компенсации колебаний размеров заготовок. Пример закрепления заготовки на сверлильном станке с использованием подачи шпинделя (сверлильная головка) приведен на рис. 3.67.



**Рис. 3.67.** Сверлильная головка

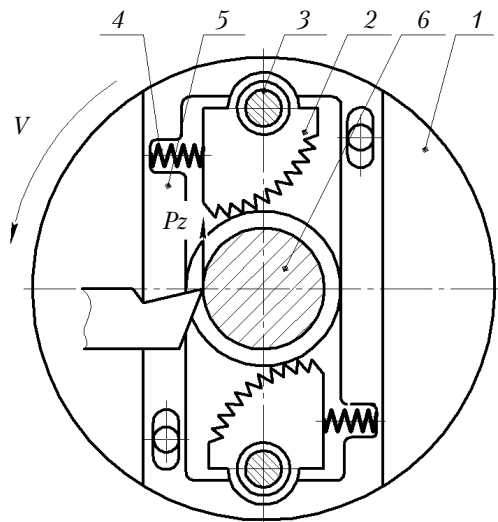
На рис. 3.68 приведен пример использования подачи вращающегося стола фрезерного станка для привода зажимных ме-

ханизмов нескольких приспособлений. На вращающейся планшайбе 9, закрепленной на оси 10, имеются отверстия, в которые вставляются заготовки 2. Вместе с планшайбой вращаются зажимные механизмы, состоящие из плунжеров 11, шарнирных рычагов 7, 8, штоков 6 и подвижных призм 3. На неподвижном основании 1 стола в зоне обработки закреплен копир 12 с заходным скосом. Когда очередная деталь подходит к зоне обработки, плунжер 11 поднимается по копиру и через шарнирно-рычажный механизм и мембрану 4 призмой 3 зажимает заготовку. По окончании обработки плунжер 11 соскакивает с копира, пружина 5 возвращает систему в исходное положение, а готовая деталь через отверстие «а» в основании стола проваливается в бункер.



**Рис. 3.68.** Схема зажима заготовок на столе карусельно-фрезерного станка с приводом от вращения стола

Примером привода от сил резания может служить поводковый самозажимной патрон 1 с эксцентриковыми кулачками 2, применяемый на токарных многорезцовых станках (рис. 3.69). Заготовку 6 устанавливают в центрах. При установке кулачки пружинами 4 прижимаются к заготовке. При резании сила  $P_z$  стремится повернуть заготовку, а вместе с ней кулачки (вокруг оси 3), в результате чего заготовка заклинивается между кулачками. Для обеспечения равномерного зажима кулачки монтируются на плавающем ползуне 5. Для открепления заготовки ее следует повернуть против часовой стрелки при остановленном шпинделе. Угол подъема спирали кулачков  $12\text{--}20^\circ$ . Эти патроны зажимают заготовку тем сильнее, чем больше сила  $P_z$ . При проектировании таких патронов необходимо правильно выбрать эксцентриситет кулачков, исходя из условий надежного закрепления заготовок с изменением диаметра в пределах допуска.



**Рис. 3.69.** схема токарного поводкового патрона с приводом от сил резания

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Приведите классификацию силовых приводов по виду преобразуемой энергии.
2. Приведите классификацию силовых приводов по степени автоматизации.
3. Что является исходной энергией в пневматических (гидравлических, вакуумных, электромеханических, электромагнитных, магнитных,

центробежно-инерционных, от движущихся частей станка и сил резания) силовых приводах?

4. Из каких частей состоит пневмопривод?
5. Какие имеются виды пневмоприводов и каково их основное назначение? Дайте их краткую характеристику.
6. По какой зависимости можно рассчитать силу на штоке одностороннего цилиндра?
7. Как различают приводы по методам компоновки с приспособлением?
8. Опишите конструкцию вращающейся муфты пневмопривода.
9. Каковы особенности и назначение агрегатируемого пневмодвигателя?
10. Назовите преимущества гидравлических двигателей перед пневматическими и их недостатки.
11. Опишите плавающих гидроцилиндр, его конструкцию, назначение, решаемые задачи.
12. Опишите пневмогидравлический двигатель, его конструкцию, назначение, решаемые задачи.
13. За счет чего производится зажим заготовки в вакуумных устройствах? Каковы их конструкция, назначение?
14. За счет чего производится зажим заготовки при использовании электромеханических приводов? Каковы их конструкция, назначение, принцип работы?
15. За счет чего производится зажим заготовки при использовании электромагнитных и магнитных приводов? Каковы их конструкция, область применения, принцип работы?
16. Опишите центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся частей станка и сил, их конструкцию, назначение, область применения.

### **3.5. ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ**

*В данном пункте раскрыто понятие элемента приспособления для направления и приведено определение положения инструмента, представлена их классификация, раскрыты конструктивные разновидности, способы крепления.*

#### **3.5.1. Классификация элементов приспособлений для определения положения и направления инструментов**

Помимо установочных, зажимных элементов, а также приводов, большинство станочных приспособлений, кроме предназначенных для станков с ЧПУ, оснащены элементами для определения положения и направления инструментов. Применением этих элементов в приспособлениях достигают повышения точности размеров

в партии обработанных деталей и производительности труда на операции. Их можно разделить на три группы:

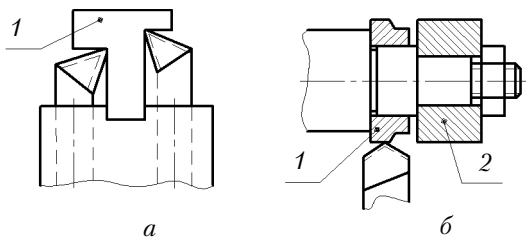
- для быстрой установки инструментов на размер — шаблоны, установы;
- для определения положения и направления осевого инструмента — кондукторные втулки;
- для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки — копиры.

### 3.5.2. Шаблоны и установы

При наладке и подналадке установка инструментов на рабочий наладочный размер с помощью пробных стружек и промеров занимает много времени. Для ускорения наладки станков и повышения ее точности в конструкцию приспособления вводят специальные элементы, определяющие положение инструментов, соответствующее рабочему наладочному размеру. Такими элементами являются шаблоны и установы. Применение шаблонов типично для токарных работ, а установов — для фрезерных.

Повышение производительности труда достигается в этом случае за счет сокращения времени на техническое обслуживание  $t_{\text{тех.об}}$  в норме штучного времени на операцию.

На рис. 3.70, *а* представлен пример установки двух подрезных резцов по шаблону 1. Такой шаблон может быть съемным или откидным, шарнирно закрепленным. При настройке шаблон ставят в рабочее положение, а после закрепления резцов снимают или откидывают в нерабочее положение. Другим примером шаблона для установки резца может служить установочное кольцо 1 (рис. 3.70, *б*), которое надевается на оправку вместе с обрабатываемой деталью 2. Резцы подводят до соприкосновения с шаблоном (кольцом).

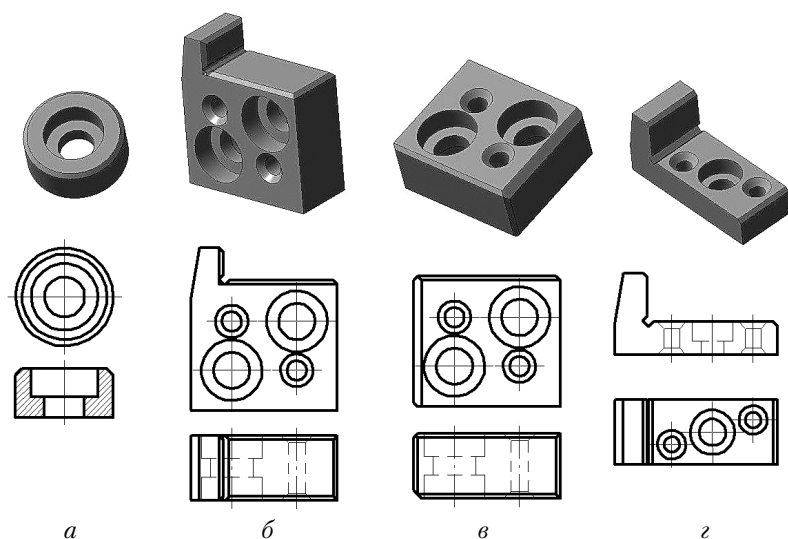


**Рис. 3.70.** Шаблоны для токарных станков

Широкое распространение в конструкциях фрезерных приспособлений получили установы для наладки фрез на размер.

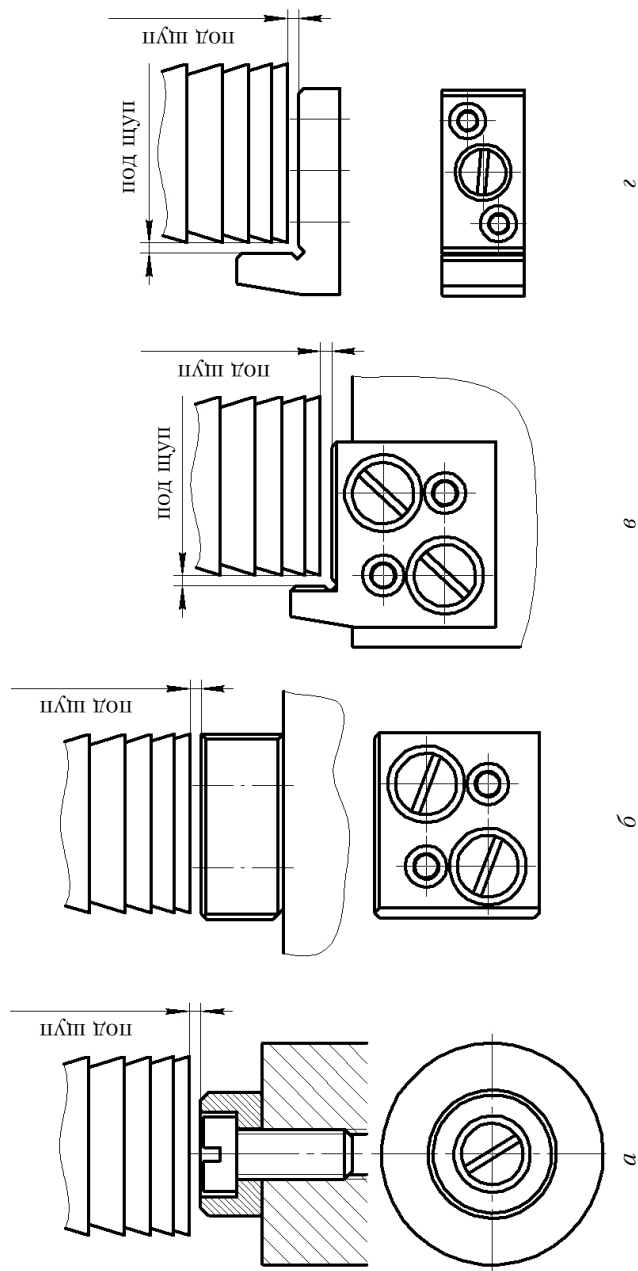
Конструкции установов и их расположение на корпусах приспособлений должны обеспечивать возможность быстрой и точной ориентации обрабатываемой детали относительно фрезы. Установы помещаются на приспособлении так, чтобы они не мешали при установке и обработке детали, но, в то же время, чтобы к ним был свободный доступ инструмента (рис. 3.71, *а*). Различают высотные и угловые установы. Высотные служат для правильного расположения детали относительно фрезы по высоте; угловые — и по высоте, и в боковом направлении.

Установы выполняются в виде различных по форме пластин, призм и угольников, прикрепленных на корпусе приспособлений. На рис. 3.71 показаны конструкции установов: для установки фрезы в одном направлении (рис. 3.71, *а, в*); для установки фрезы в двух направлениях (рис. 3.71, *б, г*) (например, при фрезеровании шпоночного паза нужно выставить инструмент на размер по глубине паза и соосно с заготовкой).



**Рис. 3.71.** Конструкции и внешний вид установов

Между инструментом и рабочей поверхностью установа в процессе наладки вводится стальной закаленный щуп, который должен плотно, но без защемления входить в зазор. Непосредственное соприкосновение фрезы с установом недопустимо во избежание его повреждения как в момент наладки, так и при обработке заготовок.



**Рис. 3.72.** Установы фрезерных приспособлений



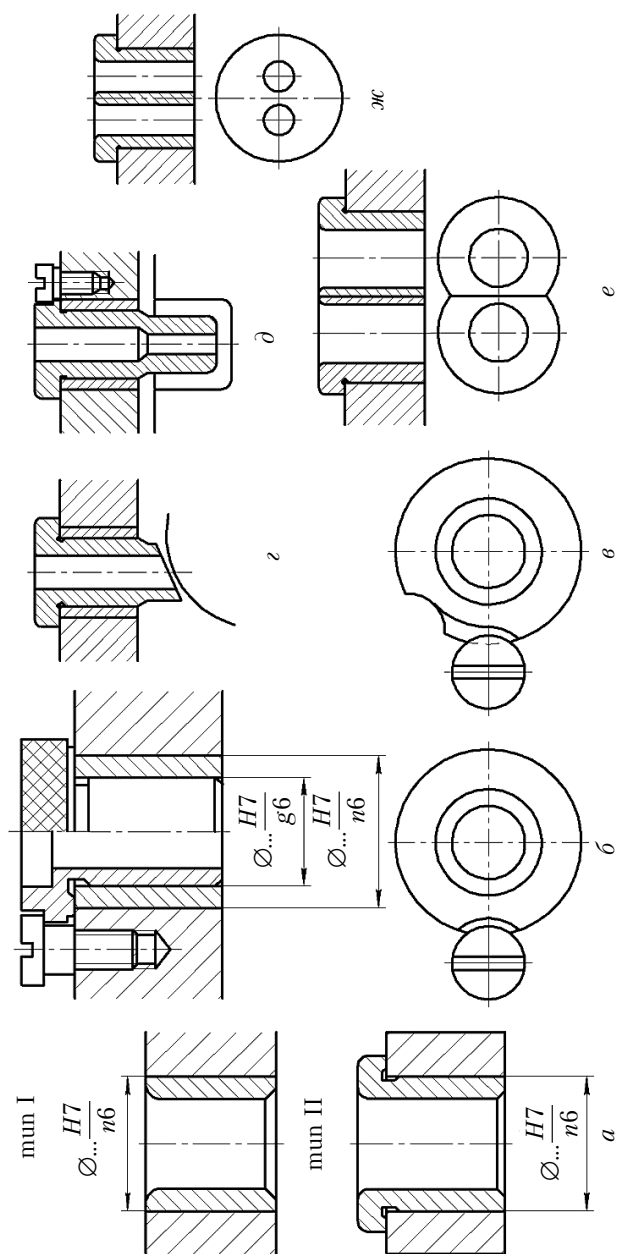
Высотные круглые установы выполняются по ГОСТ 13443–68 (рис. 3.72, *а*); высотные торцовые — по ГОСТ 13444–68 (рис. 3.72, *в*); угловые установы — угловой — по ГОСТ 13445–68 (рис. 3.72, *г*), угловой торцовый — по ГОСТ 13446–68 (рис. 3.72, *б*). Торцевые угловые установы изготавливаются из стали У7А ГОСТ 1435–99 с закалкой до 55–60 HRC<sub>3</sub> или стали 20Х ГОСТ 4543–71 с цементацией и закалкой до 55–60 HRC<sub>3</sub>. Плоские щупы изготавливаются по ГОСТ 8925–68, стандартная толщина — 1, 3, 5 мм. Цилиндрические щупы изготавливаются по ГОСТ 8926–68, стандартные диаметры — 3 и 5 мм. Материал щупов — сталь У7А ГОСТ 1435–99, 55–60 HRC<sub>3</sub>.

### **3.5.3. Кондукторные втулки и плиты**

Кондукторные втулки применяют для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов при обработке отверстий: сверл, зенкеров, разверток и т.д. Они определяют положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособления и повышают его радиальную жесткость. При этом отпадает необходимость в разметке, за счет чего повышается точность расположения отверстий и производительность труда. Повышение жесткости инструмента приводит к повышению точности диаметра отверстия, уменьшению его увода, позволяет работать на более высоких режимах резания.

Кондукторные втулки бывают неподвижные и вращающиеся. Вращающиеся втулки применяют для направления расточных скалок при большом диаметре обработки и высоких скоростях резания. Вращение втулки вместе с инструментом значительно уменьшает износ ее рабочего отверстия и увеличивает срок службы.

Неподвижные втулки по конструкции подразделяют на четыре группы: постоянные, сменные, быстросменные, специальные. Первые три группы стандартизованы. Постоянные втулки (рис. 3.73, *а*) выполняют без буртика — тип I или с буртиком — тип II. Эти втулки используют в приспособлениях при мелкосерийном производстве для обработки отверстия одним инструментом, когда за время использования приспособления не требуется замена втулки в связи с износом ее рабочей поверхности. Для определения числа сверлений через кондукторную втулку задаются ее предельным износом и используют данные о средней интенсивности износа отверстий, которая составляет при сверлении отверстий диаметрами 10–20 мм на 10 м пути при обработке чугуна 3–5 мкм, стали 40–46 мкм. Ориентировочно принимают число сверлений через кондукторную втулку 10 000–15 000.



**Рис. 3.73.** Типы кондукторных втулок

В приспособлениях крупносерийного и массового производств для ускорения замены при износе применяют сменные втулки (рис. 3.73, б). Их устанавливают в промежуточных втулках по посадке  $H7 / g6$ . От проворота и подъема при обработке под действием сходящей стружки они удерживаются головкой винта.

В приспособлениях серийного производства для обработки отверстия последовательно несколькими инструментами применяют быстросменные втулки (рис. 3.73, в). Они отличаются от сменных втулок косым срезом на буртике, что позволяет производить их смену, не вывинчивая крепежный винт. Для удобства использования буртик быстросменной втулки имеет накатку.

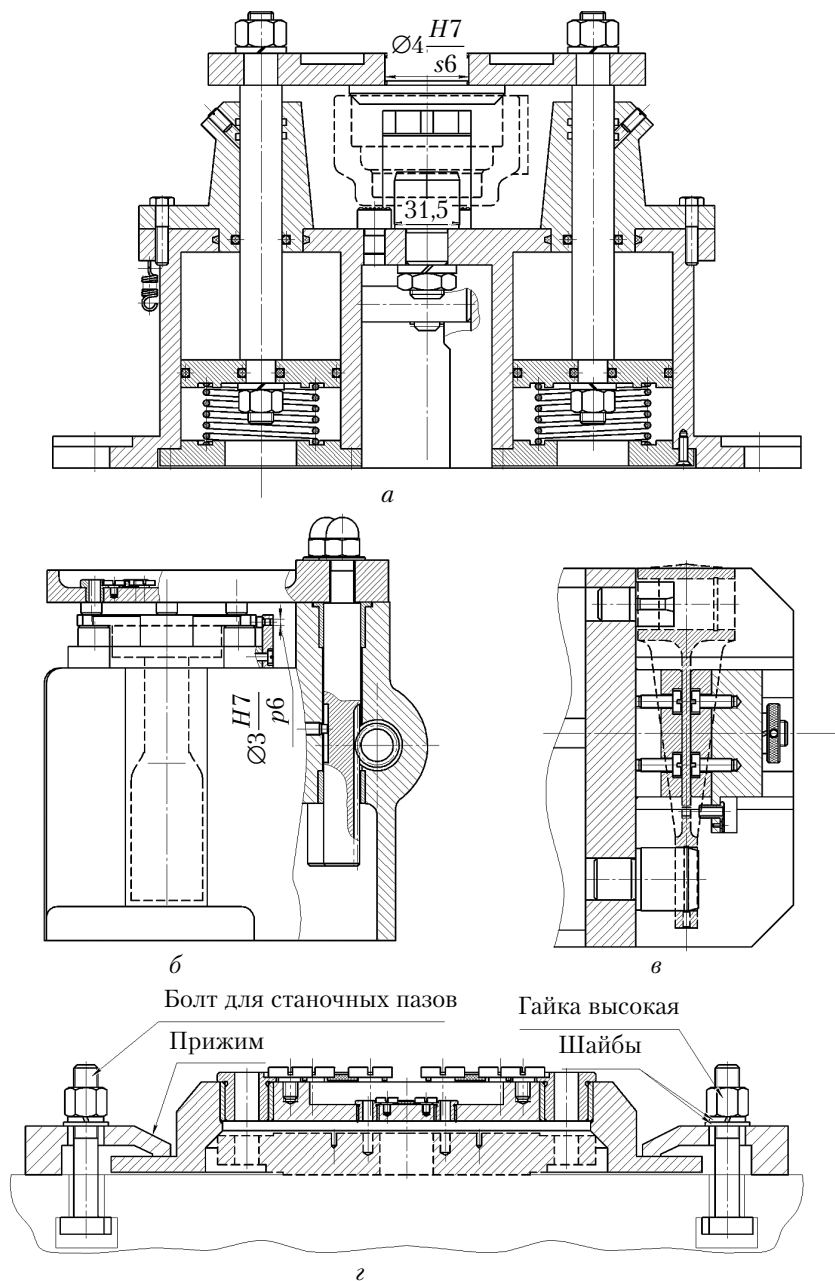
Специальные втулки применяют в особых случаях, когда использование стандартных втулок невозможно или не дает эффекта. На рис. 3.73, г–ж приведены примеры специальных втулок. Втулку (рис. 3.73, г) применяют для сверления отверстий в наклонных к его оси плоскостях, удлиненную быстросменную втулку (рис. 3.73, д) при меняют при обработке отверстий в углублениях заготовки, срезанные (рис. 3.73, е) и сдвоенные (рис. 3.73, ж) втулки применяют при обработке близко расположенных отверстий.

Допуски на диаметр отверстия в кондукторных втулках для прохода сверл и зенкеров устанавливаются по посадке F8, а для разверток G7 в системе вала. При точности отверстия по 6–7-му квалитетам и выше допуски на диаметр отверстия для прохода сверл назначают по посадке H7, а для чистового развертывания — G6.

Кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25 мм изготавливают из стали У10А, У12А и закаливают до твердости HRC 62–65. Основные втулки с диаметром отверстия до 25 мм изготавливают из стали У7А и закаливают до твердости HRC 45–50. Все втулки с диаметрами отверстий более 25 мм изготавливают из стали 20, цементируются на глубину 0,8–1,2 мм и закаливаются до твердости HRC 62–65.

Расстояние от нижнего торца кондукторной втулки до 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.

Кондукторные втулки устанавливают в кондукторные плиты, которые также имеет конструктивные разновидности. В зависимости от связи с корпусом кондуктора плиты могут быть жесткими, откидными, съемными, подвесными, подъемными).



**Рис. 3.74.** Кондукторные плиты

Жесткие плиты отливают одним целым с корпусом или прикрепляют к нему сваркой, а чаще при помощи винтов (рис. 3.74, а, б); в последнем случае для точной фиксации плиты при сборке обычно предусматриваются контрольные штифты. Откидные или шарнирные плиты позволяют открывать кондуктор для установки и снятия деталей. Съемные (рис. 3.74, в) или накладные (рис. 3.74, г) плиты используются для обработки систем отверстий в крупных деталях на радиально-сверлильных станках. Они накладываются непосредственно на деталь и после необходимой ориентировки прикрепляются к ней. Подвесные плиты применяют при сверлении многшпиндельными головками (рис. 3.67). Плита вместе с головкой подвешиваются на шпиндель станка и направляющими колонками связывается с корпусом приспособления. Над плитой располагаются пружины, которые в момент ее контакта с деталью начинают сжиматься и плитой закрепляют деталь. Подъемные плиты устанавливаются на уступах колонок скальчатых кондукторов и с помощью рукоятки и реечной передачи (рис. 3.74, б) или пневмопривода (рис. 3.74, а) поднимаются и опускаются, осуществляя одновременно и зажим детали.

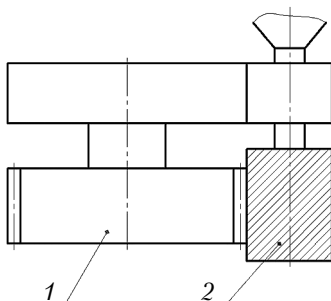
Материал плит — чугун, реже — сталь. Толщина плит зависит от высоты кондукторных втулок (в пределах 15–30 мм). Для высоких втулок на плитах предусматриваются бобышки.

#### **3.5.4. Копиры**

В условиях единичного и мелкосерийного производства для обработки сложно профилированных или фасонных поверхностей на универсальных станках в ряде случаев применяют приспособления с копировальными устройствами. Такие приспособления с копирами применяют на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других металлорежущих станках. Назначение указанных устройств — обеспечение заданной траектории относительного перемещения инструмента и заготовки, которая необходима для формирования требуемого контура детали с заданной точностью. Использование копиров обеспечивает исключение разметки перед обработкой, замену ручной подачи инструмента на автоматизированную при обходе криволинейного контура. При этом повышается производительность труда на операции и точность обработки фасонного контура. На рис. 3.75 приведен пример фрезерования замкнутого контура на детали методом круговой подачи по копиру на вертикально-фрезерном станке.

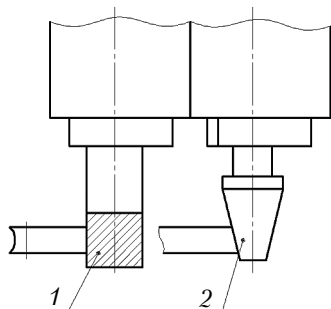
Закрепленные заготовка 1 и копир 2 вращаются вокруг общей оси. Оси ролика 3 и фрезы расположены на постоянном рас-

стоянии, а между ними и перемещаются вместе. Копир все время прижат к ролику. Связь между копиром и исполнительным устройством осуществляется посредством силового привода (гидро-, пневмо- и др.). Расстояние между осью вращения копира 2 и осью фрезы меняется в соответствии с профилем копира, благодаря чему получается нужный профиль детали. Точность обработки при этом зависит от точности профиля копира.



**Рис. 3.75.** Схема фрезерования замкнутого контура методом круговой подачи (по копиру):  
1 — фреза; 2 — копир

Профиль копира определяют графически. Он должен быть строго увязан с профилем обрабатываемой детали и диаметрами фрезы и ролика. Материал копиров — стали У8А, У10А, 20, 20Х с цементацией и закалкой до 58–62 HRC<sub>с</sub>. В связи с уменьшением диаметра фрезы после переточки копир и ролик выполняются конической формы с углом наклона профиля 10–15° (рис. 3.76). После заточки фрезы ролик перемещается вдоль оси, поэтому размер детали остается постоянным.



**Рис. 3.76.** Фрезерование с применением ролика конической формы:  
1 — фреза; 2 — ролик

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Каково назначение элементов для определения положения и направления инструментов?
2. В каком случае не требуется применение элементов для определения положения и направления инструментов?
3. На какие группы подразделяются элементы для определения положения и направления инструментов по их назначению?
4. Чем отличается шаблон от установа?
5. Каково назначение установа?
6. Каково назначение шаблона?
7. Перечислите виды установов для фрезерных станков. Укажите назначение каждого из видов.
8. Для чего предназначены кондукторные втулки? На каких станках они, как правило, применяются?
9. На какие четыре группы подразделяют неподвижные кондукторные втулки?
10. Для чего применяются вращающиеся кондукторные втулки?
11. Для чего применяются промежуточные втулки в сверлильных приспособлениях?
12. Когда обоснованно применение специальных кондукторных втулок, а когда — стандартизованных?
13. Из какого материала выполняются кондукторные втулки?
14. Каким рекомендуется выбирать расстояние от нижнего торца кондукторной втулки до поверхности заготовки?
15. Что такое кондукторная плита?
16. Приведите классификацию кондукторных плит.
17. Для обработки каких поверхностей применяются копиры?
18. Каково основное назначение копира?
19. Из какого материала выполняются копиры?

### **3.6. КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

*В пункте раскрыты конструкции корпусных деталей приспособлений.*

Корпус представляет собой элемент, объединяющий в единую конструкцию отдельные части приспособления. Корпус воспринимает все силы, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки, и поэтому должен обладать достаточной прочностью, жесткостью и виброустойчивостью. Приспособление влияет на образование погрешности обработки допусками монтажных размеров, определяющих взаимное расположение установочных элементов и основной базы приспособления, а также установочных элементов и элементов для направления и определения положения инструментов. Основная база приспособления — это всегда сово-

купность поверхностей корпуса, используемых для правильной ориентации его относительно станка (например, торец и цилиндрическая заточка в корпусе токарного патрона для установки его на шпиндель или планшайбу станка). Установочные элементы для направления и определения положения инструментов в большинстве случаев также устанавливаются на корпусе, для чего последний должен иметь соответствующие базы. Очевидно, что назначенная при проектировании и достигнутая при изготовлении точность размеров, определяющих взаимное положение на корпусе указанных трех групп баз, играет важнейшую роль в образовании величины погрешности обработки  $\omega_{обр}$ .

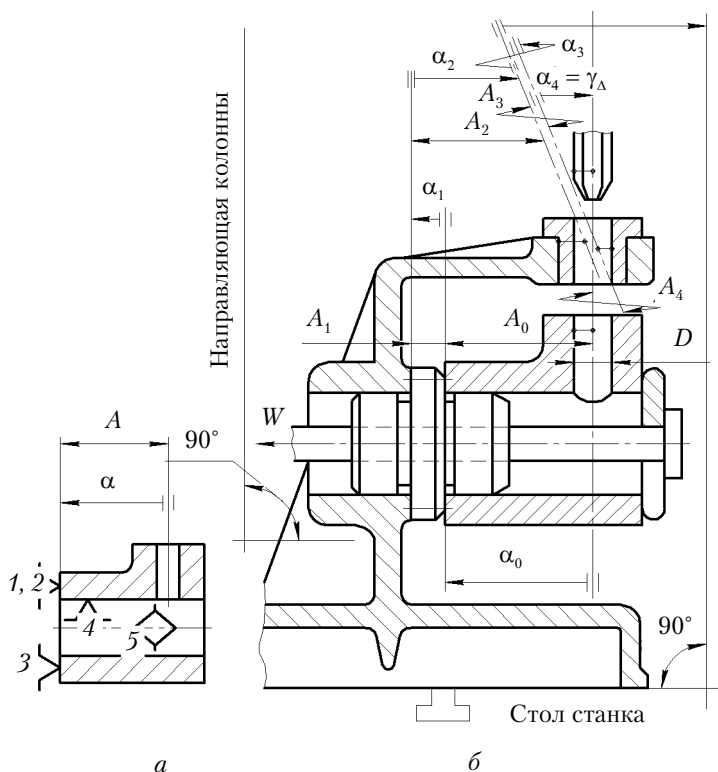
Рассмотрим пример. На рис. 3.77 приведена схема сверлильного приспособления для окончательной обработки отверстия диаметром  $D$  в корпусной детали. Положение обрабатываемого отверстия (рис. 3.77, а) задано следующими размерами:

- расстояние  $A$  от торца детали до оси обрабатываемого отверстия (в размерной цепи  $A_0$ );
- параллельности оси обрабатываемого отверстия базовому торцу  $\alpha$  (в размерной цепи  $\alpha_0$ ).

Точность заданных размеров достигается в соответствующих технологических размерных цепях технологической системы, описывающих ее статическое состояние. В этих цепях звенья  $A_2$  и  $\alpha_2$  являются размерами корпуса приспособления. Указанные размеры определяют положение отверстия под кондукторную втулку относительно торца отверстия под установочный палец (рис. 3.77, б). Однако этих двух размеров корпуса приспособления недостаточно для обеспечения нормальных условий достижения точности размеров  $A_0$  и  $\alpha_0$  на заготовке. Для нормальной работы развертки необходимо обеспечить параллельность ее оси относительно оси отверстия кондукторной втулки. Отклонение оси развертки от параллельности оси отверстия в кондукторной втулке не должно превышать величину  $\alpha_4$ , обусловленную характером посадки между разверткой и отверстием втулки. Непараллельность  $\alpha_4 = \gamma$  является замыкающим звеном технологической цепи  $\gamma$ , в которую входит в том числе составляющее звено, представляющее собой перпендикулярность оси отверстия под кондукторную втулку к плоскости основания корпуса (основная база приспособления).

В решении задач обеспечения точности размеров  $A_0$  и  $\alpha_0$  корпус приспособления участвует размерами  $A_2$ ,  $\alpha_2$ , а также размером, описывающим перпендикулярность оси отверстия под кондукторную втулку к плоскости основания корпуса (рис. 3.78, б). Однако такая постановка размеров неудобна с точки зрения технологии



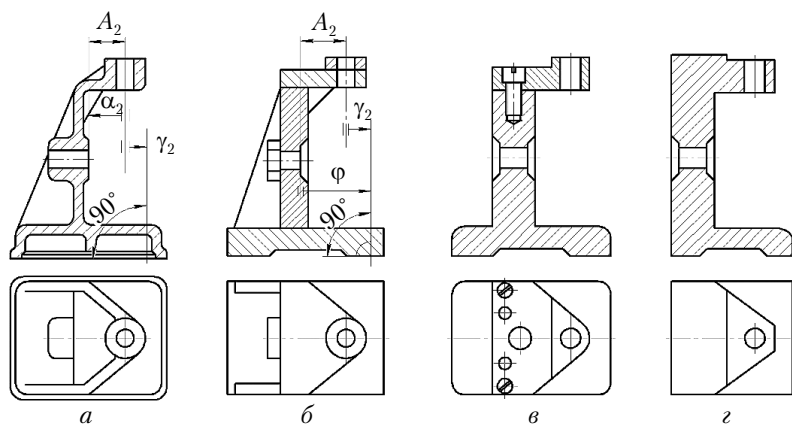


**Рис. 3.77.** Схема сверлильного приспособления с размерным анализом

обработки корпуса. Из примера видно, насколько важно на этапе проектирования корпуса приспособления не только выявить участвующие в образовании погрешности обработки размеры, но и разработать наиболее целесообразную систему простановки размеров с точки зрения технологии его изготовления.

Конфигурация и размеры основной базы корпуса обусловлены необходимостью обеспечить возможно большую устойчивость приспособления на станке и установку его на станок без выверки. Устойчивость приспособления обеспечивается прерывистостью основной базы, в результате чего локализуются места контакта ее с установочными поверхностями станка. Например, у корпуса сверлильного приспособления на рис. 3.78 (*a–z*) во всех вариантах его изготовления основная база выполнена в виде плоскостей опорных лапок. При этом уменьшается влияние макрогеометрических по-

грешностей базовой плоскости корпуса и плоскости стола на устойчивость приспособления.



**Рис. 3.78.** Варианты изготовления корпуса кондуктора

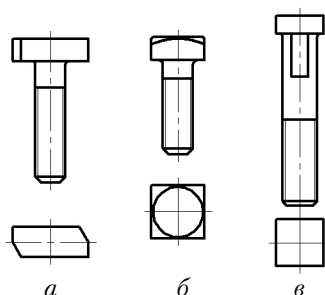
Для установки приспособления на станок размеры основной базы корпуса должны быть выполнены в соответствии с посадочными местами станков. Например, для токарных патронов основная база зависит от конструкции и размеров конца шпинделя. Для фрезерных приспособлений основной базой являются, как правило, опорные плоскости и шпонки или пальцы, входящие в Т-образный паз стола и обеспечивающие параллельность оси (или плоскости симметрии) приспособления по отношению к направлению подачи стола (рис. 3.78, в).

Приспособление на столе станка обычно крепят пазовыми болтами (рис. 3.79), заводимыми в Т-образные пазы стола (рис. 3.80, в).

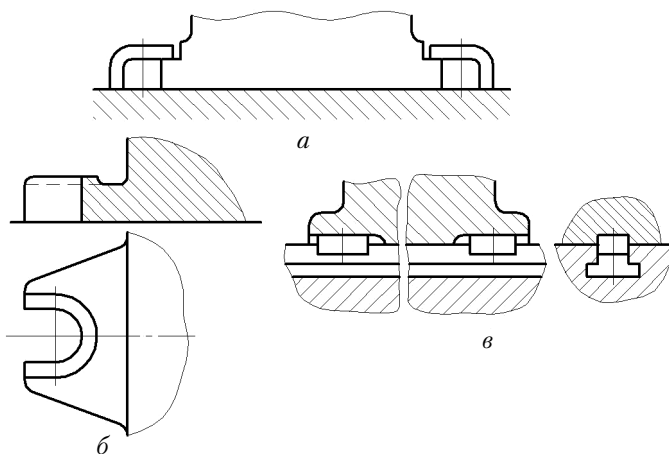
В условиях серийного производства при частой смене приспособлений на станке это крепление должно быть удобным и быстро-выполнимым. На рис. 3.80, а, б приведены два варианта крепления приспособления на столе. В варианте рис. 3.80, а корпус имеет полочки, по которым приспособление крепят прихватами. В варианте рис. 3.80, б крепление приспособления более удобно, но для этого при конструировании корпуса необходимо предусмотреть литые ушки для крепежных болтов.

Важным вопросом при конструировании корпуса является обеспечение удобной очистки от стружки и отвода СОТС. Для этого необходимо избегать углублений и труднодоступных мест, а также предусматривать специальные наклонные плоскости (рис. 3.81).

Угол  $\alpha$  наклона плоскостей рекомендуется при необработанных (литых) поверхностях корпуса делать равным  $40^\circ$ , при обработанных —  $35^\circ$ . При работе с СОТС в зависимости от ее количества и вязкости эти углы могут быть увеличены до  $50^\circ$  или уменьшены до  $25\text{--}30^\circ$ .



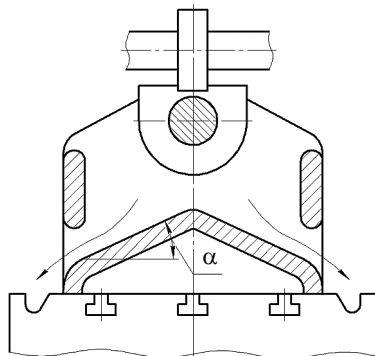
**Рис. 3.79.** Болты пазовые для крепления станочных приспособлений:  
*а* — болт быстросъемный к станочным пазам по ГОСТ 12201–66; *б* — болт к пазам станочным обработанным по ГОСТ 13152–66; *в* — болт усиленный к пазам станочным по ГОСТ 12459–67



**Рис. 3.80.** Варианты базирования и закрепления корпуса приспособления на столе станка

Важнейшим требованием к корпусу является простота и возможно более низкая стоимость его изготовления. Конструктивные формы корпусов многообразны. Корпуса могут быть выполнены

в виде прямоугольной плиты, планшайбы, угольника, тавра, ко-  
рыта и др. Заготовки для корпусов можно получать литьем,  
сваркой, ковкой, резкой из сортового материала, а также сборкой  
из отдельных элементов. Литьем изготавливают корпуса крупных  
размеров и сложной конфигурации, при этом можно получать за-  
готовки минимальными по массе, но с большой жесткостью, и тре-  
бующие минимальной механической обработки. Однако сроки  
их изготовления получаются длительными. Литые заготовки из-  
готавливают из чугуна СЧ12–28, СЧ15–32. В отдельных случаях  
используют легкие сплавы на алюминиевой основе или магниевые.  
Сварка также позволяет получить корпуса сложной конфигу-  
рации. Они могут быть изготовлены быстрее и дешевле, но сварка  
вызывает деформацию корпуса, а возникающие в результате этих  
деформаций внутренние напряжения влияют на точность при-  
способления. Для сварных конструкций используют хорошо сва-  
риваемые стали марки Ст 3, Сталь 25. Ковкой и резкой сортового  
материала получают корпуса небольших размеров простой кон-  
фигурации. Сборные корпуса позволяют использовать заготовки  
простейших форм, но при этом возрастает объем механической об-  
работки и снижается жесткость (за счет дополнительных стыков).  
При любом способе изготовления корпуса его обрабатываемые  
поверхности стремятся сделать выступающими над необрабатыва-  
емыми для уменьшения объема и упрощения механической обра-  
ботки.



**Рис. 3.81.** Корпус приспособления с элементами для отвода СОТС и стружки

На рис. 3.78 приведены варианты конструктивного оформления  
корпуса сверлильного приспособления, схема которого представ-  
лена на рис. 3.77, в зависимости от способа его изготовления.

Большое значение для снижения стоимости изготовления приспособления и сокращения сроков его изготовления имеет стандартизация корпусов и их заготовок. Из-за широкого конструктивного разнообразия корпусов их чрезвычайно трудно стандартизовать, это возможно только в ограниченных пределах (например, корпуса скальчатых кондукторов). Гораздо больший эффект дает стандартизация заготовок корпусов. Из единой стандартной заготовки можно путем съема «лишнего» металла получить достаточно большое число корпусов различных форм. Снижение стоимости корпуса при изготовлении из стандартной заготовки достигается резким уменьшением стоимости последней при возможном относительно небольшом увеличении объема механической обработки.

Конструктивно более сложные корпуса можно изготавливать из стандартных элементов путем сборки. Сами элементы достаточно широко стандартизованы. Комплектом ГОСТов стандартизовано 18 типов (260 типоразмеров) элементов корпусов, из которых можно собрать наиболее часто встречающиеся корпуса фрезерных и сверлильных приспособлений для деталей размерами до  $400 \times 400 \times 700$  мм. Таким образом, при проектировании корпус приспособления для достижения наименьшей его стоимости должен «вписаться» в стандартную заготовку, или должна существовать возможность сборки корпуса приспособлений из минимального числа стандартных элементов.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Каково назначение корпуса приспособления?
2. Каким образом приспособление влияет на образование погрешности обработки?
3. Чем обусловлены конфигурация и размеры основной базы корпуса?
4. Приведите варианты изготовления корпуса кондуктора.
5. Каким образом обычно крепят приспособление на столе станка?
6. Каким образом конструкцией приспособления может быть обеспечено удобство очистки от стружки и отвода смазочно-охлаждающей технологической жидкости?
7. Какими методами можно получать заготовки корпусов?

### **3.7. НОРМАЛИЗАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К СТАНКАМ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

*В данном пункте раскрываются понятия нормализации и стандартизации элементов приспособлений, ее цель и решаемые задачи, приводятся системы, в которых используются нормализованные и стандартизо-*

*ванные элементы, рассматриваются особенности приспособлений, предназначенных для станков с ЧПУ, изложение сопровождается иллюстративным материалом.*

Частая сменяемость выпускаемых изделий новыми, более совершенными, приводит к тому, что почти вся специальная оснастка списывается, после чего проектируется и изготавливается новая. Это влечет за собой большие затраты на производство приспособлений, что, в свою очередь, отражается на сроках технологической подготовки производства и себестоимости производимой продукции. Более половины всех трудозатрат в технологической подготовке производства (ТПП) приходится на изготовление приспособлений и другой спецоснастки. Уменьшение сроков конструирования и изготовления приспособлений, сокращение затрат на их производство, применение систем приспособлений, позволяющих в короткий срок перестраивать производство на выпуск новой продукции, способствуют сокращению сроков ТПП, особенно в условиях серийного и мелкосерийного производства. Эффективными методами, ускоряющими и удешевляющими проектирование и изготовление приспособлений, являются унификация, нормализация и стандартизация деталей и элементов приспособлений на основе научных достижений и передового опыта.

Анализ опыта работы машиностроительных предприятий показывает, что большинство специальных приспособлений могут быть изготовлены из нормализованных и стандартных элементов. Многократное использование нормализованных и стандартных элементов приспособлений снижает себестоимость приспособлений и повышает техническую оснащенность производства. Под нормализацией понимают стандартизацию в масштабе предприятия, отрасли и т.д. Высшей формой нормализации является разработка общероссийских стандартов — ГОСТов.

Проведению работ по нормализации и стандартизации приспособлений предшествует унификация. Унификация — рациональное сокращение числа типов, видов и размеров станочных приспособлений, деталей и заготовок для изготовления их элементов одного функционального назначения при улучшении их технико-экономических и качественных характеристик.

Нормализация и стандартизация дают экономический эффект на всех этапах создания и использования приспособлений.

- На этапе проектирования. Нормализованные и стандартные детали и СЕ не конструируют заново, и следовательно, нет необходимости делать на них рабочие чертежи. В связи с этим

уменьшается стоимость и сокращается, время проектирования приспособлений.

- На этапе изготовления. При изготовлении разнообразных приспособлений с использованием нормализованных и стандартных деталей и СЕ увеличивается число одинаковых деталей и СЕ, поэтому их можно изготавливать не единицами, а партиями, а также в запас, пользуясь которым можно сократить срок изготовления приспособлений.
- На этапе эксплуатации. Ряд быстроизнашиваемых деталей приходится заменять. При использовании нормализованных и стандартных элементов ускоряется и удешевляется ремонт приспособлений.

Когда приспособление изношено или в нем исчезла необходимость, возможно дальнейшее использование еще не изношенных нормализованных и стандартных деталей, СЕ при изготовлении других приспособлений. Таким образом, нормализация и стандартизация дают три источника повышения рентабельности приспособлений: уменьшение стоимости; удешевление эксплуатации; повторное использование неизношенных элементов. Вместе с этим нормализация и стандартизация позволяют значительно сокращать календарные сроки изготовления приспособлений.

Частая сменность объектов производства делает в ряде случаев неэффективным использование специальных приспособлений, даже изготовленных с максимальным использованием нормализованных и стандартных элементов. Это противоречие привело к созданию таких систем приспособлений, которые, оставаясь специальными на этапе их использования, были бы универсальны на этапах проектирования и изготовления. Это системы переналаживаемых сборно-разборных приспособлений (СРП), универсально-наладочных приспособлений (УНП), универсально-сборных приспособлений (УСП), имеющих обратимые стандартные и нормализованные элементы, подлежащие многократному использованию.

Наиболее сложно при создании такой системы нормализовать корпусы приспособлений, придать им универсальность. Эта задача решается двумя способами. При первом вместе с корпусом нормализуют зависящие от него элементы так, чтобы эта СЕ обладала достаточной универсальностью. По данному принципу созданы система УНП и система приспособлений для групповой и переменнo-поточной обработок. При втором способе любой сложный корпус может быть собран из ограниченного числа геометрически простых нормализованных частей — плит, стоек, угольников и т.п.

Составляющие части корпуса могут быть использованы многократно. По этому принципу создана и успешно используется система УСП.

### **3.7.1. Система универсально-наладочных приспособлений**

Универсально-наладочные приспособления предназначены для обработки деталей, разных по конструктивно-технологическим параметрам классов. Их komponуют из базовой части и сменной наладки. Базовая часть является постоянной и может быть изготовлена заблаговременно и централизованно по соответствующим стандартам. Сменную наладку проектируют и изготавливают по мере надобности в зависимости от конструктивных особенностей обрабатываемых заготовок.

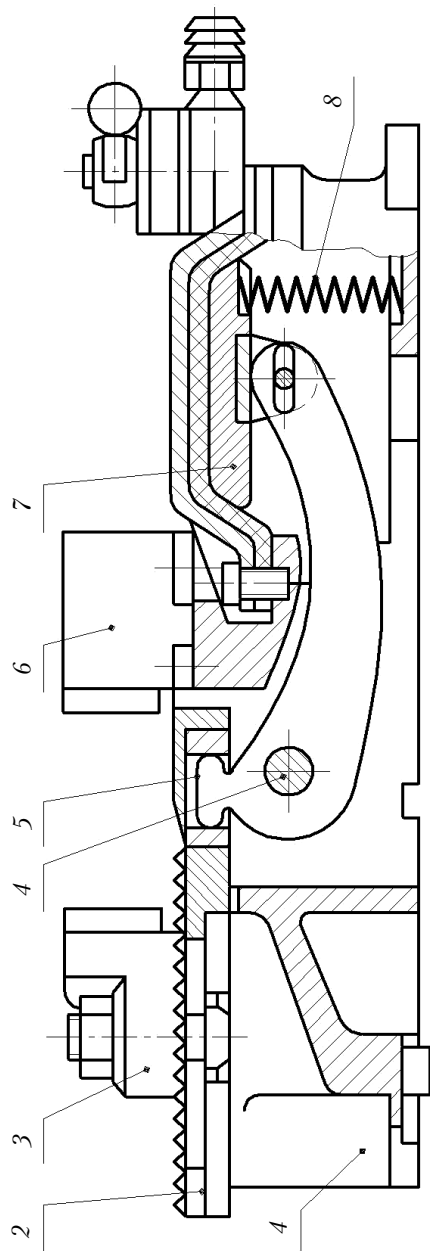
Базовая часть обычно состоит из корпуса приспособления со встроенным или прикрепленным силовым приводом, зажимного механизма, элементов для базирования сменных наладок. При необходимости дополнительно могут быть использованы поворотные и делительные механизмы с устройствами фиксации и крепления поворотной части. Сменные наладки состоят из установочных элементов и в некоторых случаях — дополнительных зажимных устройств.

При переходе на обработку другой детали УНП переналаживают одними из следующих способов:

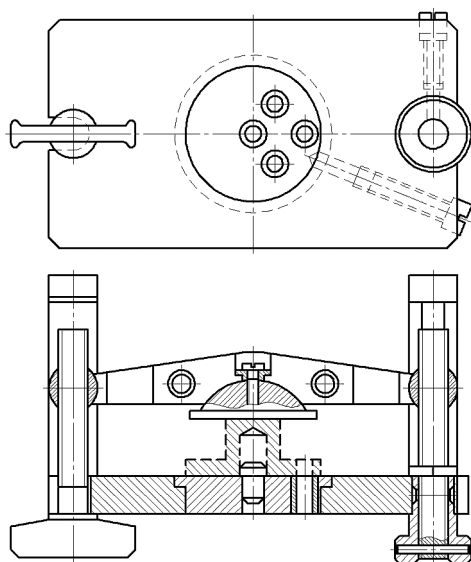
- перестановкой и перезакреплением постоянных установочных элементов;
- полной или частичной заменой установочных и других сменных элементов;
- одновременной заменой и перемещением установочных и других сменных элементов.

Первый способ используют при обработке заготовок с подобными по форме, но разными по размерам технологическими базами. Эти УНП требуют минимальных затрат времени и средств на переход к обработке другой детали. Примером такого приспособления могут служить пневмотиски, представленные на рис. 3.82. В корпусе 1 перемещается ползун 2, на котором установлена переставная губка 3. Губка 6 неподвижна. К корпусу прикреплена пневмокамера с пружиной 8. При перемещении диафрагмы и диска 7 вниз рычаг 5, поворачиваясь вокруг оси 4, перемещает ползун 2 с губкой 3 вправо и зажимает заготовку. Переналадка приспособления на другую деталь осуществляется перестановкой по рифлям ползуна губки 3 с последующей фиксацией гайкой.

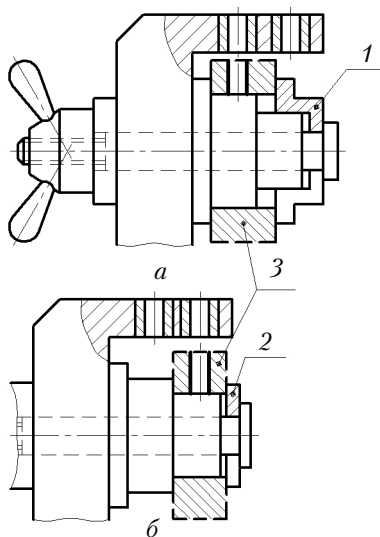




**Рис. 3.82.** Пневмотиски



**Рис. 3.83.** Групповой кондуктор для сверления отверстий во фланцах



**Рис. 3.84.** Кондуктор для сверления отверстий в кольцах

Следующие два способа переналадки УНП используются при групповой обработке деталей на переменнo-поточных линиях, а также для обработки деталей другой конструкции. На рис. 3.83 приведен пример группового кондуктора для сверления отверстий в деталях типа фланцев. Переналадка кондуктора на обработку другой детали группы осуществляется заменой сменного вкладыша с установочным элементом и кондукторных втулок.

Нередко удается применением комбиниро-

ванных установочных элементов избежать их замены при переходе к обработке других деталей. Например, на рис. 3.84, *а, б* приведена схема кондуктора для сверления отверстий в кольцах 3 разного диаметра, в которой для того, чтобы установить различные кольца, нужны только сменные резрезные шайбы 1 и 2.

### **3.7.2. Система универсально-сборных приспособлений**

Систему универсально-сборных приспособлений применяют в мелкосерийном производстве, когда срок службы каждого приспособления очень мал. УСП могут быть применены в массовом производстве в период освоения выпуска новой продукции с последующей заменой их специальными. Эти приспособления целиком состоят из деталей и элементов, нормализованных и стандартных по всем параметрам. Поэтому все элементы такого приспособления обратимы и взаимозаменяемы и могут быть использованы многократно. Это означает также, что все детали системы УСП могут быть изготовлены заранее централизованно и сроки их изготовления не будут влиять на время изготовления приспособлений. Обычно комплект элементов УСП включает 25–30 тыс. деталей, из которых одновременно может быть собрано до 300 приспособлений. Пусковой комплект для небольшого завода может иметь 1,5–2,5 тыс. деталей, из которых можно собирать 300–400 приспособлений в год. Организованы мощные прокатные базы УСП, которые обслуживают заводы, нуждающиеся в оснастке, но не имеющие собственных комплектов деталей.

Применение системы УСП коренным образом меняет структуру и уровень оснащенности приспособлениями технологических процессов мелкосерийного производства, позволяя использовать принципы технологии крупносерийного и массового производства. Это связано с тем, что проектирование и изготовление УСП сводится к сборке его из готовых элементов и наладке, рабочих чертежей не требуется. Лишь на небольшое число особо сложных приспособлений разрабатывают компоновочные схемы. После обработки партии деталей приспособления разбирают, и элементы направляют для повторного использования в других приспособлениях.

Для достижения требуемой точности при сборке приспособлений без пригонки детали корпусов установочные, направляющие и другие элементы системы УСП выполняют с высокой точностью, что резко увеличивает первоначальную стоимость комплекта. Для повышения рентабельности комплекта УСП необходимо обеспечить большой срок службы его деталей. В связи с этим в качестве

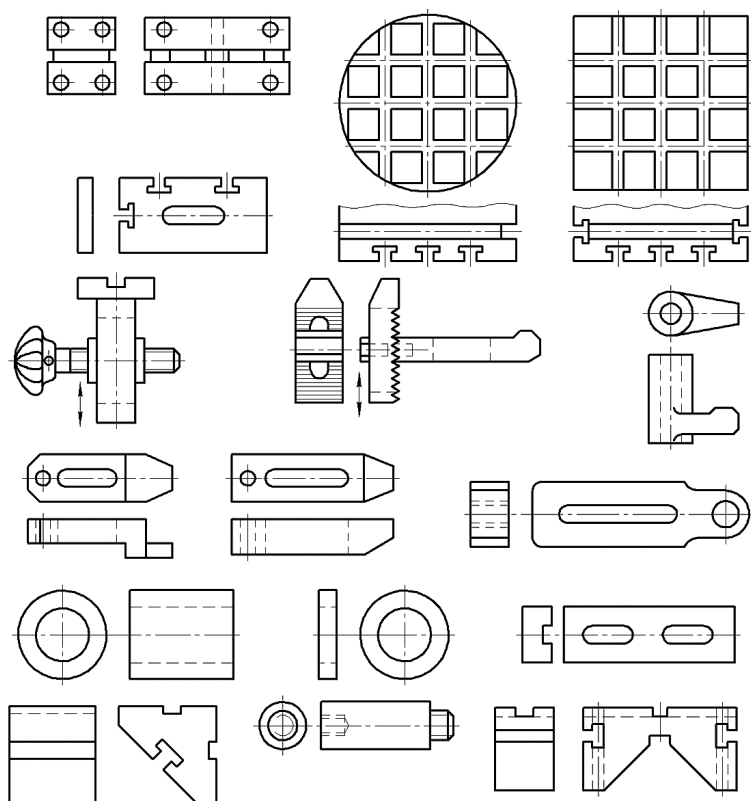
материалов для деталей УСП используют соответствующие стали, например, сталь 12ХН3А с цементацией и закалкой до твердости HRC 60–64, стали марок 38ХА, У8А, У12А с закалкой и отпуском до твердости HRC 40–45.

Все детали УСП подразделены на следующие группы:

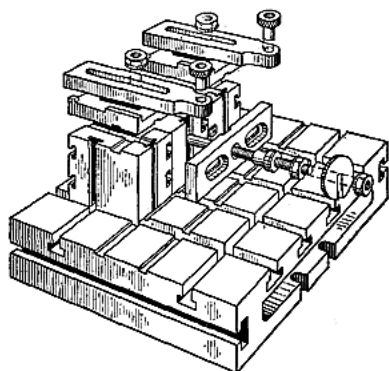
- базовые — плиты, планшайбы, угольники и др.;
- корпусные и опорные — призмы, угольники, подкладки и др.;
- установочные — шпонки, пальцы, установочные диски, центры, втулки, валики и др.;
- направляющие — кондукторные втулки, кондукторные планки, колонки и др.;
- прижимные — прихваты различных типов;
- крепежные — винты, болты, гайки;
- разные — рукоятки, эксцентрики, пружины и др.;
- неразборные — поворотные головки, центровые бабки, фиксаторы, самоустанавливающиеся опоры, механогидравлические зажимы, пневматические цилиндры и др.

Базовые и корпусные детали покрыты сеткой пазов — шпоночных для ориентирования деталей относительно друг друга и Т-образных для крепления по ним других деталей приспособления с помощью болтов. Допускаемые отклонения от параллельности и перпендикулярности пазов 0,01 мм на длине 200 мм. Базовые и корпусные детали изготавливают по 6–7-му квалитетам. Отклонение от параллельности и перпендикулярности плоскостей — 0,005 мм на 100 мм. Кроме того, корпусные детали имеют прорезы и отверстия под крепежные болты. Размеры пазов у всех деталей комплекта одинаковы. Они могут быть 8, 12 и 16 мм (16 мм — для комплектов, применяемых в тяжелом машиностроении, 8 мм — в приборостроении).

Сборку приспособлений выполняют рабочие высокой квалификации по чертежу или образцу детали. Если предполагается, что сборка такого приспособления может повториться, то его целесообразно сфотографировать. Время, затрачиваемое на сборку УСП, составляет в среднем 2–6 часов в зависимости от его сложности. Время от момента заказа УСП до установки его на станок составляет 1–3 дня вместо примерно 2 месяцев при изготовлении специального приспособления. Примеры основных деталей УСП показаны на рис. 3.85. Схема компоновки УСП для сверления двух отверстий показана на рис. 3.86. На схеме видны элементы, входящие в приспособление, и их соединение в единую конструкцию.



**Рис. 3.85.** Детали из комплекта УСП



**Рис. 3.86.** Компонировка УСП

Дальнейшее развитие системы УСП заключается в создании номенклатуры новых нормализованных и стандартных элементов с высокomeханизированными зажимами. В комплект необходимо включать пневмо-, гидрозажимы, а также пневмо- и электрогидравлические приводы, наборы быстродействующей сборно-разборной арматуры для присоединения приспособлений к электросети и к заводской сети сжатого воздуха.

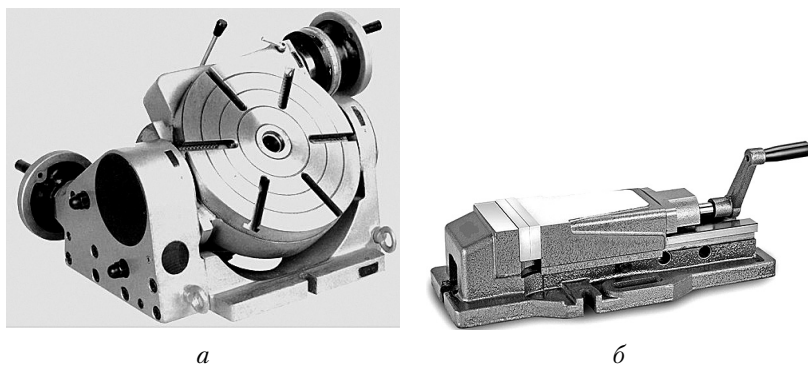
### **3.7.3. Приспособления к станкам с программным управлением**

Функции, которые выполняют приспособления для станков с ЧПУ, те же, что и на станках с ручным управлением, — базирование и закрепление (зажим) заготовок. Однако вследствие определенных особенностей станков с ЧПУ, к ним предъявляется ряд специфических требований, в том числе:

- повышенные требования по точности, в частности потому, что стоимость станков с ЧПУ гораздо выше, кроме того большинство из них не предназначены для черновой (грубой) обработки;
- повышенные требования к их жесткости, что вытекает, в частности, из первого требования;
- в большинстве случаев приспособления должны обеспечивать реализацию полной схемы базирования заготовки в приспособлении (однозначную ориентацию заготовок относительно установочных элементов приспособления), так как при обработке на станках с ЧПУ программируемые перемещения станка и инструмента зачастую задаются от начала отсчета координат;
- как правило, приспособления своими базовыми поверхностями должны обеспечивать реализацию полной схемы базирования приспособления относительно системы координат станка, по той же причине, что и в предыдущем требовании;
- отсутствие элементов для направления и определения положения инструментов, так как на станках с программным управлением начальное положение и траектория инструмента определяется автоматически по заданной программе;
- приоритетность принципа единства баз, так как для операций, выполняемых на станках с ЧПУ характерна высокая концентрация операций;
- унификация, обеспечивающая высокую гибкость приспособления, а следовательно минимальное время переналадки на обработку других деталей (применение НСП для станков с ЧПУ в большинстве случаев нецелесообразно, так как в этом случае резко увеличивается стоимость и сроки ТПП);

- возможность смены заготовки вне рабочей зоны станка или станка вообще;
- наличие быстродействующих механизированных зажимных устройств;
- возможность размещения нескольких заготовок на одном приспособлении и др.

При обработке деталей на станках с ЧПУ все более широко используются УБП и УНП приспособления. Конструкции их достаточно разнообразны и прямо зависят от вида применяемого оборудования, конструкции детали и структуры технологической операции. В качестве примера можно привести клиновые самоцентрирующие и поводковые патроны для токарной и шлифовальной обработки, наклонно-поворотные приспособления (рис. 3.87, *а*), машинные тиски (рис. 3.87, *б*), делительные столы и др. Однако у таких приспособлений есть и недостатки, в том числе ограничение по форме и размерам технологических баз, что нередко приводит к невозможности полного ориентирования (базирования) приспособления на станке, значительное время замены или переналадки приспособлений. Поэтому системы УБП и УНП наиболее целесообразно использовать для реализации групповых технологических процессов.



**Рис. 3.87.** Универсальные приспособления:

*а* — наклонно-поворотный стол; *б* - тиски гидравлические PARTNER NHV-130A

Также применяется система специализированных наладочных приспособлений (СНП), которая обеспечивает базирование и закрепление типовых по конфигурации заготовок различных размеров. СНП состоит из базового агрегата и сменных наладок. Эффективной областью применения СНП является серийное производство.

Наиболее широкое применение на станках с ЧПУ получила система УСП. Высокая точность элементов УСП обеспечивают сборку приспособлений без последующей механической доработки. Элементы УСП для станков с ЧПУ обладают большей жесткостью и точностью, чем обычные элементы УСП для универсальных станков. Применяют две системы УСП: с Т-образными пазами и с отверстиями. В результате модификации УСП разработанная система переналаживаемых УСП (ПУСП). Комплект ПУСП состоит в основном из неразборных элементов, обеспечивающих быструю его сборку и переналадку и представляет собой набор неразборных узлов, механизированных быстродействующих зажимов, из которых komponуются различные приспособления для фрезерных, расточных, строгальных, сверлильных и др. работ. Уменьшение числа стыков повышает жесткость и точность устройства.

Также для станков с ЧПУ фрезерной, сверлильной и расточной групп, используемых в серийном производстве, выпускается комплект сборно-разборных приспособлений (СРП — ЧПУ). Время сборки одного такого приспособления средней сложности составляет около 0,5 часа.

Для станков с ЧПУ была также создана система агрегатированных быстропереналаживаемых приспособлений (АБП). В этой системе отсутствует базовый элемент — плита, ее функцию выполняет стол станка с сеткой координатных отверстий. Сетка отверстий имеет буквенно-цифровую индикацию. Технолог программист составляя карту наладки приспособления, указывает координаты отверстий, по которым располагаются установочные и зажимные агрегаты.

Для деталей сложной конфигурации иногда используют адаптеры, приклеиваемые к некритическим местам детали быстротвердеющим холодным клеем, что позволяет без больших затрат производить установку и крепление детали с любым видом контура. После окончания обработки детали производится отделение адаптеров для их повторного использования.

Столы обрабатывающих центров могут иметь различную конфигурацию сами по себе, либо на них могут устанавливаться дополнительно наклонно-поворотные или поворотные столы (см. рис. 3.87, *а*). Поворотный стол может быть наклоняемым, с вертикально-горизонтальным, продольно-поперечным и только горизонтальным перемещением.

Наклоняемые приспособления нередко снабжаются специальным диском, дающим возможность разделять стол на несколько рабочих зон. Наиболее технологичным принято считать попе-



речно-продольный стол для станков с ЧПУ. Его конструктивные достоинства значительно расширяют функциональность и производительность фрезерного оборудования. Также применяются вакуумные столы, координатные столы, оснащаемые программным управлением, поворотные столы и др.

При наличии на столе станка (или наклонно-поворотного стола) продольных пазов и центрального поперечного паза приспособление базируется с помощью трех призматических или цилиндрических шпонок по продольному и поперечному пазам. При наличии на столе продольных пазов и центрального отверстия базирование приспособления производят с помощью пальца по центральному отверстию и шпонки или двух пальцев по продольному пазу. Приспособление можно базировать по двум плоскостям в координатный угол посредством точно изготовленного и выверенного угольника, устанавливаемого и закрепляемого в продольных пазах стола станка.

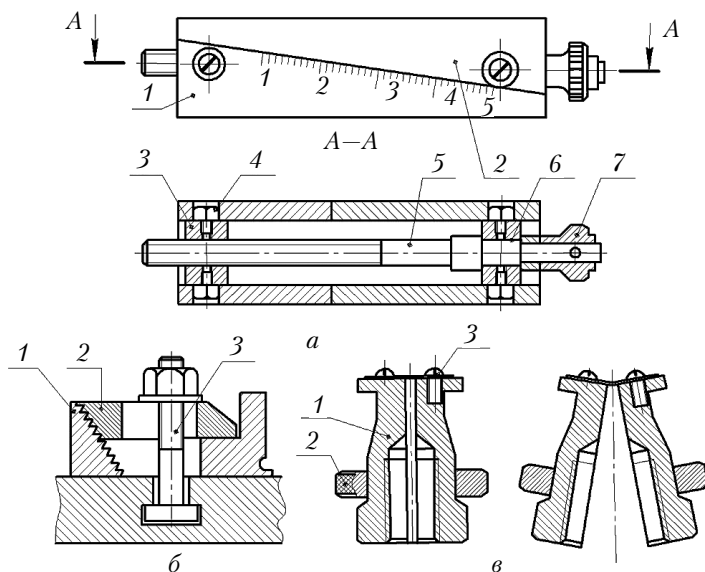
Возможно также базирование приспособлений только по продольному пазу. В этом случае связь начального положения инструмента и траектории обработки с началом системы координат станка по продольной оси стола отсутствует, и установка инструмента в исходную точку обработки должна осуществляться либо с помощью щупа, либо по установочному отверстию или штырю.

На столы станков с ЧПУ, не имеющих пазов и отверстий для базирования приспособлений, устанавливают и жестко крепят накладные плиты с сеткой Т-образных пазов и координатными отверстиями.

Для базирования заготовок относительно начала координат фрезерных, сверлильных, расточных станков с ЧПУ применяют установочные элементы, которые устанавливают и закрепляют в Т-образных пазах или отверстиях стола станка. Для базирования заготовок на таких столах применяют различные подкладки, планки, упоры, домкраты, штыри гладкие или ступенчатые. Для сокращения номенклатуры этих элементов многие из них делают регулируемыми и переналаживаемыми. На элементы, имеющие широкое применение, существуют стандарты, например, ГОСТ 1559–67 «Подпорки винтовые для станочных приспособлений. Конструкция», ГОСТ 1560–67 «Распорки винтовые для станочных приспособлений. Конструкция».

На рис. 3.88, *а* показана регулируемая подкладка, которая состоит из двух планок 1, 2, гайки 3, винтов 4, вкладыша 6, винта 5 с рукояткой 7. Гайка 3 и вкладыш 6 шарнирно закреплены соответственно в планках 1 и 2. При вращении рукоятки винт 5 ввинчи-

вается или вывинчивается из гайки 3 и планки, перемещаясь одна относительно другой, увеличивают или уменьшают высоту подкладки.

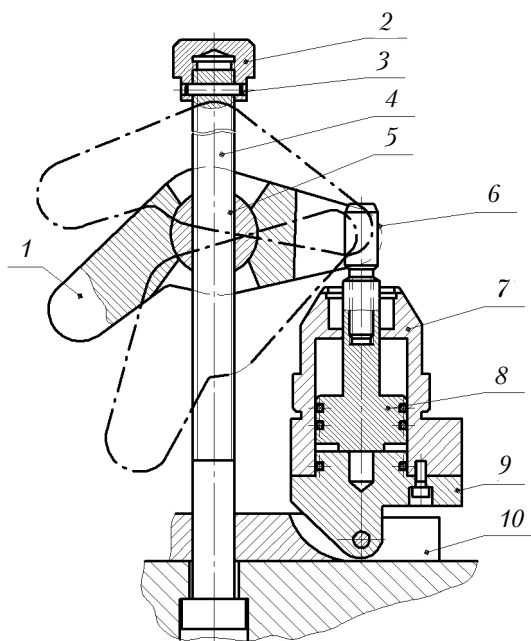


**Рис. 3.88.** Элементы для быстрой переналадки приспособления

Для большей эффективности использования станков с ЧПУ при малых партиях обрабатываемых заготовок применяют быстро-переналаживаемые зажимные устройства. На рис. 3.88, б приведена конструкция быстропереналаживаемого зажима. Зажим состоит из прихвата 2 с зубцами на торце, опоры 1 и болта 3 с гайкой. Переставляя прихват по зубцам опоры, регулируют высоту зажимного устройства.

Для сокращения времени на переналадку станка применяют системы сборно-разборных быстропереналаживаемых зажимных устройств, состоящих из унифицированных крепежных элементов. Для обеспечения быстрой переналадки применяют быстросъемные гайки. На рис. 3.88, в показана разрезная раскрывающаяся быстросъемная гайка. Половины гайки 1 соединены плоской пружиной 3, а на наружную поверхность надето кольцо 2. Чтобы снять гайку с болта, необходимо сдвинуть кольцо вверх, и плоская пружина раздвинет полугайки. При надевании гайки на болт кольцо сдвигают вниз.

Для повышения производительности закрепления заготовок на станках с ЧПУ используют различные пневматические и гидравлические быстродействующие механизированные приводы. На рис. 3.89 показано зажимное устройство. Корпус гидроцилиндра 7 с помощью фланца 9 шарнирно закреплен на основании 10, устанавливаемом на столе станка. Шток поршня 8 посредством штыря 6 шарнирно соединен с прихватом 1. Прихват установлен шарнирно на оси 5, в резьбовое отверстие которой ввинчен болт 4. На конец болта надета гайка 2 с накаткой, закрепленная штифтом 3. При перемещении поршня гидроцилиндра вверх прихват поворачивается вокруг оси и закрепляет заготовку. Быстрая переналадка прихвата по высоте производится вращением болта 4 гайкой.

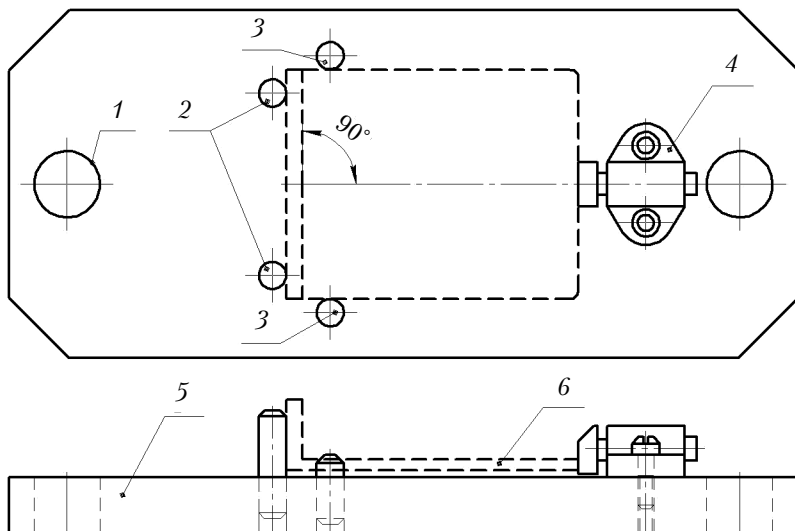


**Рис. 3.89.** Быстродействующее зажимное устройство

На станках с ЧПУ применяют также специализированные приспособления, предназначенные для установки и закрепления групп заготовок, имеющих одинаковые базовые поверхности. Они бывают регулируемыми и наладочными.

Специальные приспособления находят применение на станках с ЧПУ в тех случаях, когда невозможно применить другие виды

приспособлений. Специальные приспособления делают упрощенной конструкции и изготавливают обычно на тех же станках, на которых они будут использоваться. Для базирования и закрепления заготовок обычно используют универсальные устройства и детали. На рис. 3.90 показано специальное приспособление для обработки угольника 6. На специальной плите 5 установлены базирующие штыри 2, 3 и стандартный зажим 4. Приспособление устанавливают на накладной стол с сеткой отверстий и базируют отверстия 1 по двум штырям.



**Рис. 3.90.** Специальное приспособление для обработки угольника

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое унификация и стандартизация? Какова цель их проведения?
2. На каких этапах унификация и стандартизация дают экономический эффект?
3. В каких системах наиболее широко применяются унификация и стандартизация?
4. Что такое сменная наладка и из чего она состоит?
5. Какими способами УНП переналаживают при переходе на обработку другой детали?
6. Какими способами переналадки УНП пользуются при групповой обработке деталей на переменнo-поточных линиях?
7. Из каких групп деталей состоит УСП?

8. Каковы особенности приспособлений к станкам с ЧПУ?
9. Какие системы приспособлений применяются для станков с ЧПУ?
10. Для чего применяются наклонно-поворотные столы?
11. Какими способами производится базирование приспособлений на станках с ЧПУ?
12. Для чего на станках с ЧПУ используются накладные плиты?
13. Приведите пример быстроперенастраиваемого зажимного устройства.
14. В каком случае для станков с ЧПУ применяются специальные приспособления?

### **3.8. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

*В данном пункте раскрыты понятия механизации и автоматизации приспособлений, их задачи и назначение, приведены примеры различных специальных автоматизированных и механизированных станочных приспособлений.*

В современных условиях уровень автоматизации производства непрерывно повышается. Ручные и машинно-ручные процессы заменяются механическими и автоматизированными. Концентрация операций в сочетании с автоматизацией производственных процессов создают предпосылки роста производительности труда, повышения эффективности производства. Достоинства, которыми обладает автоматизация производственных процессов, очевидны:

- существенное повышение качества продукции за счет исключения влияния человеческого фактора на производствах, требующих высокой точности выполняемых работ;
- устранение ошибок и нарушений технологических режимов, неизбежных при ручном труде;
- применение удобной быстро перенастраиваемой автоматизированной системы управления;
- освобождение человека от малоквалифицированного и монотонного труда, трудоемких и тяжелых операций;
- улучшение условий труда, исключение воздействия вредных факторов на персонал на производствах с повышенной опасностью;
- уменьшение капитальных вложений;
- снижение расходов на заработную плату;
- сокращение площадей и численности обслуживающего персонала.

В данный период механизация и автоматизация являются основными направлениями в проектировании приспособлений. В зависимости от масштаба производства проводится частичная

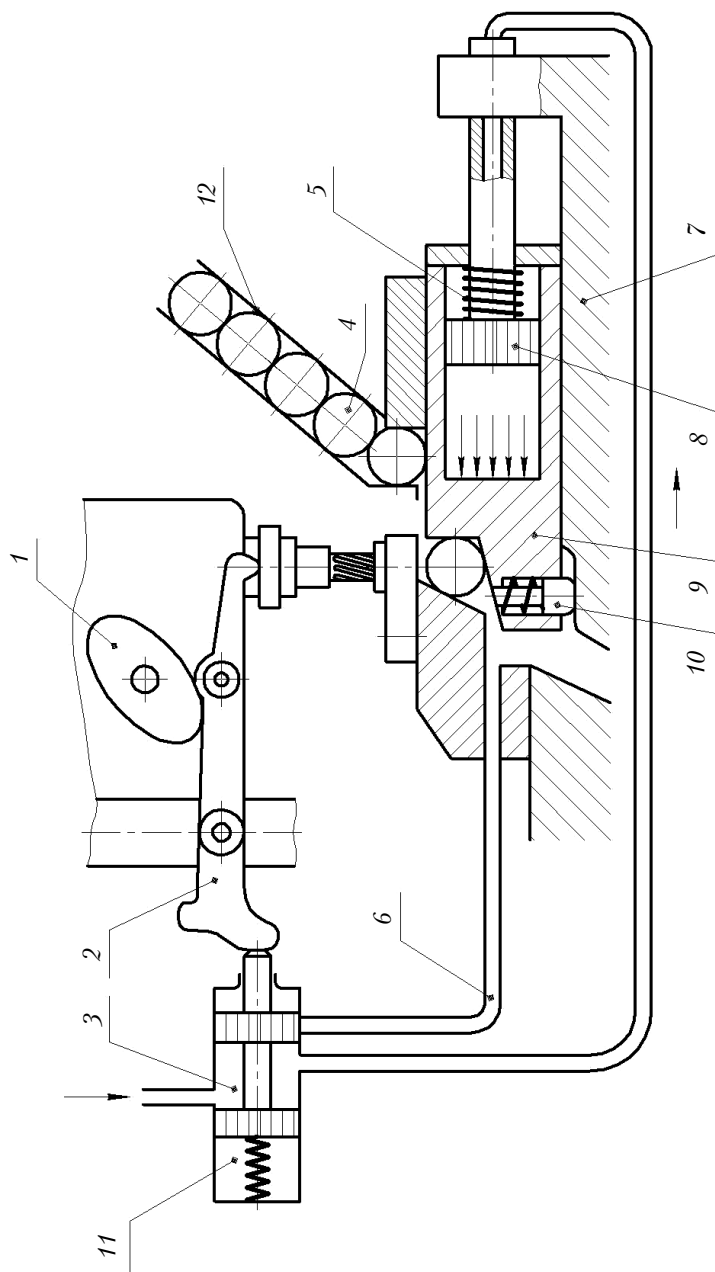
или полная автоматизация приспособлений. Частично автоматизируют следующие приемы работы:

- загрузку заготовок в рабочую зону приспособления;
- базирование заготовок, т.е. доведение их базовых поверхностей до полного контакта с установочными элементами приспособления;
- закрепление и открепление заготовок;
- вращение, фиксацию и крепление поворотных (или передвижных) частей приспособлений;
- съем и выталкивание заготовок после обработки;
- измерение деталей в процессе обработки;
- очистку от стружки и др.

В автоматических приспособлениях все приемы, начиная от загрузки и базирования и кончая съемом обработанных деталей, производятся без участия исполнителя. В полуавтоматических приспособлениях автоматизируется только часть приемов.

Автоматизация приспособлений в большинстве случаев основана на применении пневматических, пневмогидравлических, механических, электрических или гидравлических приводов, управляемых через конечные выключатели, сервозолотники и упоры перемещающимися рабочими органами станка (шпинделем сверлильного станка, суппортом токарного станка, столом фрезерного станка и т.д.). Автоматизация цикла работы станка, дополненная автоматизацией цикла работы приспособления, позволяет превратить обычные универсальные станки в полуавтоматы и автоматы, а это, в свою очередь, обеспечивает значительное повышение производительности труда и возможность многостаночного обслуживания. Например, если токарные полуавтоматы или бесцентрово-шлифовальные станки оснастить загрузочно-разгрузочными устройствами (приспособлениями), то они станут автоматами, а универсальные круглошлифовальные станки при установке на них измерительных устройств для автоматического контроля размеров в процессе обработки — полуавтоматами. При этом в автоматизированных приспособлениях должна быть полностью исключена возможность неправильной установки заготовки. Для этого применяют блокировочные и предохранительные устройства, контрольные упоры (в автоматических линиях), которые при неправильном положении заготовки останавливают станок, и т.п.

На рис. 3.91 показана схема автоматизированного сверлильного приспособления. Для получения непрерывного возвратно-поступательного движения шпинделя станка на валу колеса реечного механизма подачи установлен кулачок 1 подачи, который находится



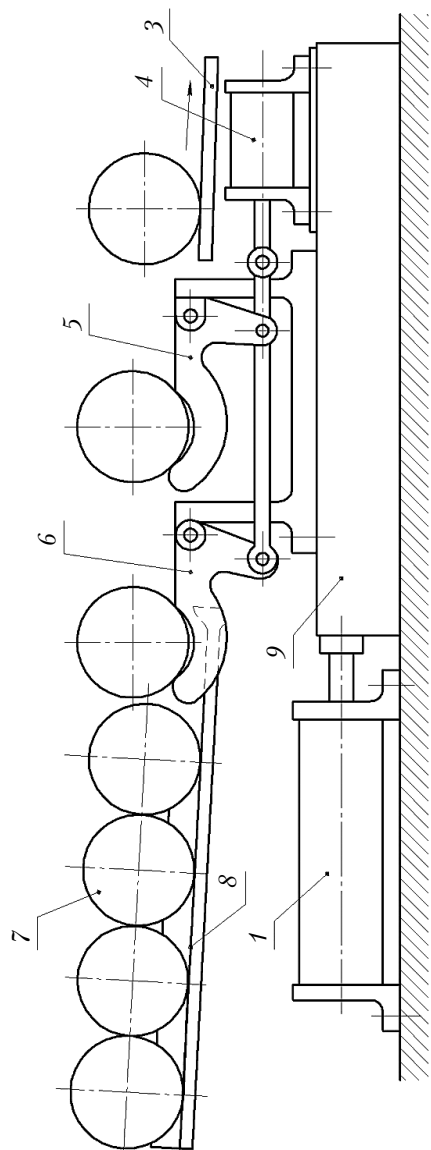
**Рис. 3.91.** Схема автоматизированного сверлильного приспособления

в постоянном соприкосновении с роликом кулачка 2. При вращении вала кулачок 1 действует на кулачок 2, правый конец которого нажимает на фланец шпинделя станка, происходит рабочая подача шпинделя. Обратный ход шпинделя производит контргруз, помещенный в станине станка. Кулачок 2 управляет пневмораспределителем 3, регулирующим поступление воздуха в пневмоцилиндр 9.

Приспособление состоит из неподвижного корпуса 7 с неподвижно закрепленными на нем поршнем 8, входящим в подвижный корпус пневмоцилиндра 9, а также зажимного устройства. Загрузка деталей 4 происходит из магазина 12. После того как отверстие обработано, и шпиндель поднимается вверх, кулачок 2 поворачивается своей впадиной к штоку гидрораспределителя 3. И под действием пружины 11 поршни гидрораспределителя перемещаются вправо, перекрывая отверстие для подачи сжатого воздуха и соединяя рабочую полость пневмоцилиндра 9 с атмосферой. Под действием пружины 5 подвижный пневмоцилиндр начинает перемещаться вправо. При этом просверленная деталь скатывается вниз, а отработанный воздух, выходя через канал 6, очищает рабочую зону приспособления от стружки. Перемещение вправо происходит до тех пор, пока очередная заготовка из магазина не опустится в паз цилиндра. Кулачок 1 вращается непрерывно, и при опускании шпинделя кулачок 2 сместит поршень пневмораспределителя влево и вновь соединит пневмоцилиндр 9 с воздухоподводящей сетью. Пневмоцилиндр 9 начнет перемещаться влево и подаст заготовку в зону обработки. От выпадения при перемещении заготовку удерживает подпружиненный упор 10.

Схема автоматизированного устройства для установки зубчатых колес на центры шевинговального станка показана на рис. 3.92. Приспособление состоит из подвижной каретки 2, на которой расположены поворотные захваты 5, 6 и пневмоцилиндр 4, производящий подъем и опускание захватов. При перемещении цилиндром 1 каретки 2 влево захваты опущены. В крайнем левом положении каретки цилиндр 4, перемещаясь влево, производит подъем захватов, при этом захват 6 берет заготовку с наклонного лотка 8 и приподнимает ее до уровня центров станка (в это время заготовки 7 перекатываются на один шаг), а захват 5 подводится под обработанную деталь, установленную в центрах. После отхода центров обработанная деталь опускается в захват 5. Далее каретка 2 перемещается вправо, и захват 6 ставит заготовку в положение, когда ее центровые отверстия совмещаются с центрами станка, а захват 5 перемещает обработанную деталь к лотку 3. После установки





**Рис. 3.82.** Схема автоматизированного устройства для установки зубчатых колес на центры шевинговального станка и снятия с них

в центры заготовки цилиндр 4, перемещаясь вправо, опускает захваты. Захват 6 отходит от заготовки, захват 5 опускает деталь на лоток 3. Далее цикл повторяется. Работа цилиндров скоординирована с работой механизмов станка.

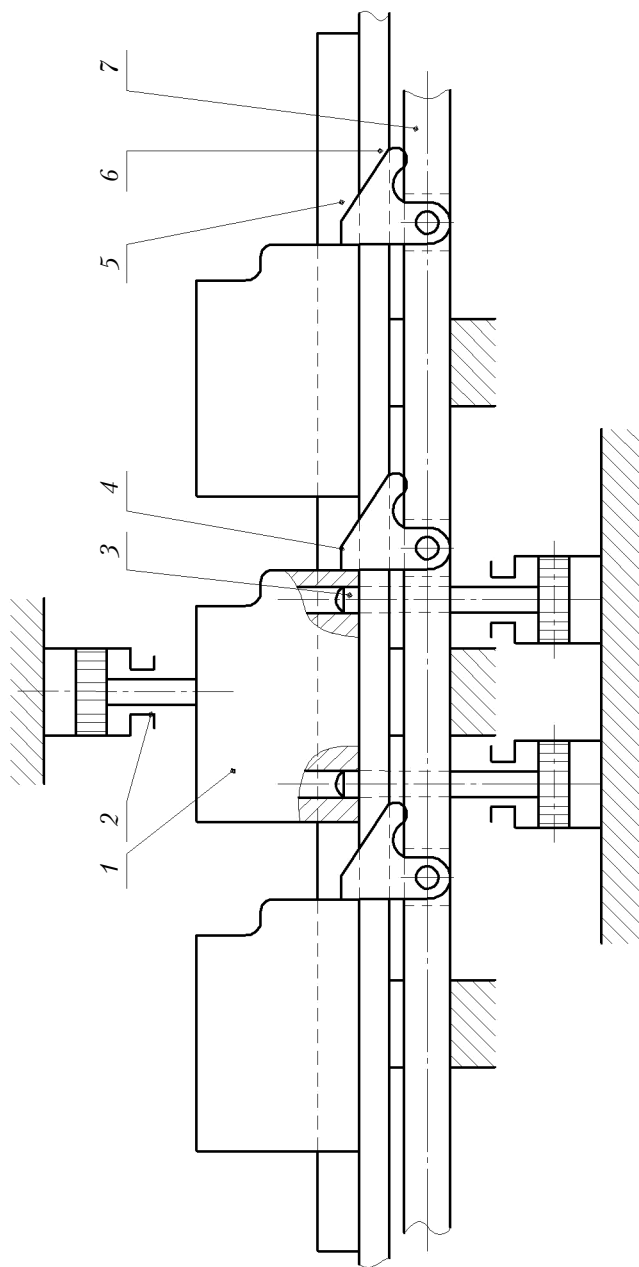
На автоматических линиях используют приспособления стационарные и приспособления-спутники.

Стационарные приспособления автоматических линий выполняют те же функции, что и обычные приспособления. Их монтируют на отдельные агрегаты автоматической линии. В них добавляют, устанавливают, закрепляют, обрабатывают, открепляют и передают на транспортирующее устройство заготовки. Отличительной чертой этих приспособлений является то, что они должны обеспечивать правильную установку заготовок при простейших движениях транспортирующих устройств. Для этого опорные пластинки, как правило, являются продолжением направляющих планок транспортирующего устройства, а установочные пальцы выполняют выдвижными. Если установочные элементы неподвижны, то правильное положение заготовки обеспечивается дополнительными прижимами-досыпателями, обеспечивающими плотный контакт базовых поверхностей с установочными элементами.

Приспособления автоматических линий должны быть надежными и безотказными в работе. Поэтому в них часто предусматривают автоматический контроль правильного положения заготовки с помощью пневматических, электрических и других датчиков. Большое внимание уделяют автоматической очистке приспособления от стружки. Зажимное устройство должно быть надежным и самотормозящим.

Большинство автоматических линий работает при базировании детали по плоскости и двум цилиндрическим отверстиям, например, так обрабатывают корпусные детали. Если заготовка не имеет таких баз и ее обрабатывают при установке в приспособлении-спутнике, то само приспособление-спутник базируют по плоскости и двум отверстиям. При таком базировании выдвижные установочные элементы (пальцы и фиксаторы) вызывают увеличение погрешности установки заготовки. Поэтому к точности приспособлений для автоматических линий предъявляют повышенные требования. Для увеличения точности обработки также следует уделять большое внимание повышению жесткости приспособления и отсутствию или уменьшению деформации заготовки под действием сил зажима.

Приспособления-спутники применяют для обработки заготовок сложной конфигурации. Все стадии обработки выполняют



**Рис. 3.83.** Схема приспособления для перемещения заготовки или приспособления спутника

при одном закреплении заготовки, чем обеспечивается принцип единства баз. В начале линии на спутник устанавливают и закрепляют заготовку, в конце линии ее открепляют и снимают, а спутник возвращают в исходное положение. Перемещение приспособлений-спутников или обрабатываемых заготовок по всем агрегатам автоматической линии производится при помощи шагового или цепного (реже) конвейера.

На рис. 3.93 приведена схема приспособления для перемещения, установки и закрепления корпусной заготовки или приспособления-спутника на автоматической линии. Заготовка 1 перемещается по планкам 5, 6 влево шаговым конвейером 7 с собачками 4 на строго определенное расстояние (шаг). Штанга конвейера 7 проходит под приспособлениями. Окончательное определение положения заготовки происходит по двум базовым отверстиям выдвинутыми пальцами 3 с пневмоприводом. Закрепляют заготовку прижимом, связанным с цилиндром 2. Для перемещения заготовки после обработки к следующему агрегату, заготовка открепляется пневмоприводом 2, пальцы 3 утапливаются, штанга конвейера перемещается вправо на один шаг, при этом собачки 4 поворачиваются и проходят под заготовками. После этого цикл повторяется.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Каково назначение автоматизации и механизации приспособлений?
2. Какими достоинствами обладает автоматизация производственных процессов?
3. Чем отличаются частичная и полная автоматизация?
4. Какие приемы работы автоматизируют обычно частично?
5. Приведите примеры автоматизированных приспособлений.
6. Какими особенностями обладают приспособления автоматических линий?
7. Какая схема базирования наиболее часто применяется для базирования приспособлений-спутников?
8. Приведите и поясните схему погрешностей при установке приспособления-спутника на плоскость и два пальца.

### **3.9. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

*В пункте приведены методика проектирования специальных приспособлений, перечень исходных данных для проектирования приспособления и требований к его конструкции, последовательность выполнения работ по проектированию специального приспособления, рассмотрена последовательность построения чертежа приспособления, содержится пример разработки чертежа сверлильного приспособления.*

Общая методика проектирования технологической оснастки аналогична методике проектирования любой машины или механизма.

Конструкцию специального приспособления разрабатывают в два основных этапа: собственно проектирование приспособления (выбор, обоснование и расчет отдельных элементов приспособления, определение технической, с точки зрения обеспечения требуемой точности, и экономической целесообразности вариантов конструкции приспособлений) и конструирование приспособления (разработка из выбранных элементов общего вида приспособления и рабочих чертежей оригинальных деталей).

Для правильного решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь следующие исходные данные.

1. Чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах и допусках на размеры детали, припусках, шероховатости поверхностей, материале детали, местах разреза штампов или опок и др.

2. Операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операцию. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях, показывают, какие поверхности уже обработаны, какие еще нет, из них видна точность обработки.

3. Карты технологического процесса обработки детали, в которых указаны последовательность и содержание операций, схема базирования (или схемы установки), применяемые инструменты и оборудование, режимы резания, проектная норма штучного времени с выделением времени на установку, закрепление и снятие детали.

4. Объем выпуска деталей, который необходим в тех случаях, когда неизвестна производительность операции и не оговорено вспомогательное время.

5. Данные о размерах посадочных мест станков.

6. Справочную и нормативную литературу, в том числе ГОСТы, ОСТы, нормали на детали и узлы станочных приспособлений и др.

Прежде чем приступить к конструированию приспособления, конструктор должен тщательно изучить исходные данные. Кроме этого, целесообразно ознакомиться со станком в цехе, выявить технологические возможности инструментального цеха, где будут изготавливать приспособление, выявить наличие на складе нормализованных заготовок, деталей и узлов приспособлений, изучить работу аналогичных приспособлений.

Если в результате глубокой проработки исходных данных конструктор создает более рациональную схему приспособления, улучшающую построение операции, то после согласования с технологом эти изменения вносят в технологический процесс.

Имеется ряд требований к конструкции отдельных элементов и конструкции приспособления в целом, которые должны учитываться и при определении состава, и при разработке общей компоновки приспособления.

1. Приспособление должно обеспечить получение заданной точности обрабатываемых поверхностей и их взаимного расположения. Это достигается за счет выполнения следующих условий:

- конструкция и точность элементов, которые определяют положение заготовки в приспособлении (реализующих теоретическую схему базирования), и обрабатывающего инструмента относительно этих элементов приспособления (например, установки, кондукторные втулки и др.) должны соответствовать точности технологической операции;
- жесткость корпуса, гарантирующая неизменность положения приспособления и отсутствие вибраций в процессе обработки;
- надежность механизмов закрепления, обеспечивающих неизменность положения детали во время обработки;
- точность установки приспособления на станке.

2. Приспособление должно обеспечить заданную производительность операции, которая может достигаться, например, за счет автоматизации и механизации зажимных механизмов и силовых приводов и др.

3. Приспособление должно быть экономически целесообразным. Расходы на проектирование, изготовление и эксплуатацию приспособления должны окупаться за счет снижения себестоимости выполняемой операции. Этим требованием можно пренебречь, только когда применение приспособления освобождает рабочих от тяжелого физического труда. Во всех остальных случаях экономический фактор является одним из решающих.

4. Приспособление должно обладать хорошей ремонтпригодностью. Это требование обеспечивается выбором соответствующей конструкции быстроизнашивающихся элементов и способа их крепления на несущем элементе приспособления.

5. Приспособление должно быть удобным в эксплуатации, что обеспечивается за счет:

- удобства установки заготовки и снятия детали;
- удобства расположения рабочих рукояток;
- легкости очистки от стружки;

- простоты установки приспособления на станке;
- отсутствия мелких частей, которые могут затеряться.

6. Приспособление должно облегчать труд рабочего, что особенно при проведении тяжелых работ с частой повторяемостью, сопровождающейся быстрым утомлением исполнителя.

7. Приспособление должно обеспечивать безопасность работы, например, за счет применения зажимных механизмов с самотормозящимися звеньями, специальных блокировочных устройств, отключающих станок при несанкционированном раскреплении заготовки и др.

В зависимости от назначения приспособления к его конструкции могут предъявляться и другие (дополнительные) требования.

Этапы разработки конструкции приспособления:

#### 1. Выбор установочных элементов.

Содержание этапа: исходя из схемы базирования обрабатываемой заготовки, точности и шероховатости ее базовых поверхностей определяют тип и размер установочных элементов, их число, взаимное расположение и рассчитывают составляющие погрешности установки.

#### 2. Определение типа приспособления.

Содержание этапа: исходя из заданной производительности операции и типа оборудования определяют тип приспособления (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное, специальное или унифицированное и др.).

3. Расчет сил закрепления (зажима) заготовки. Содержание этапа: из технологических карт или расчетом определяют максимальные значения сил резания и самую неблагоприятную точку приложения сил и моментов резания, действующих в процессе обработки; составляют схему действия сил на заготовку; выбирают направление и точку приложения силы закрепления (зажима); рассчитывают ее величину.

4. Выбор механизма зажима заготовки. Содержание этапа: с учетом рассчитанной в п. 3 силы зажима заготовки, в соответствии с направлением и числом точек ее приложения выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные характеристики и величину минимально достаточной силы, развиваемой силовым приводом.

5. Выбор силового привода. Содержание этапа: по рассчитанной в п. 4 величине, развиваемой силовым приводом, а также регламентированному технологическим процессом времени на закрепление заготовки и открепление детали выбирают тип силового привода, его размерные характеристики и др.

6. Выбор элементов приспособления для направления и определения положения режущего инструмента. Содержание этапа: определяют необходимость включения в конструкцию приспособления элементов приспособления для направления и определения положения режущего инструмента (в приспособлениях для станков с ЧПУ, как правило, не требуются), вид этих элементов в соответствии с методом обработки, реализуемым в технологической операции, и типом приспособления; определяют их конструктивно-размерные параметры по ГОСТам, нормативной и справочной литературе, а также элементы для определения их положения и закрепления.

7. Выбор вспомогательных устройств и элементов. Содержание этапа: определяют необходимость применения вспомогательных элементов или устройств, например, для обеспечения устойчивого достигнутого при базировании положения заготовки до ее зажима; устанавливают, какая их конструкция нужна, число, расположение и размеры.

8. Разработка общего вида приспособления. Содержание этапа: определяют конструкцию корпусной детали; разрабатывают общий вид приспособления; выбирают необходимую точность его исполнительных размеров и их взаимного расположения (с приведением необходимых расчетов).

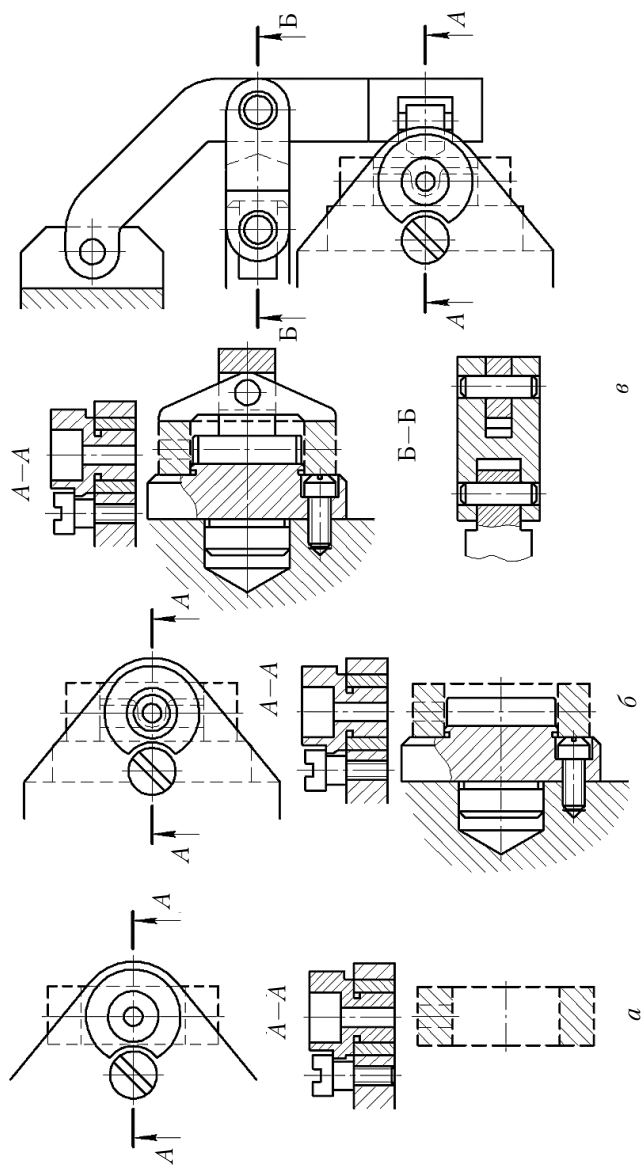
9. Проведение прочностных расчетов. Содержание этапа: рассчитывают на прочность и износ нагруженные и движущиеся элементы приспособления.

10. Определение экономической эффективности эксплуатации спроектированного приспособления. Содержание этапа: рассчитывают экономическую целесообразность разработанной конструкции приспособления.

Общий вид приспособления разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в определенном порядке. На рис. 3.94–3.96 показан пример разработки общего вида кондуктора для сверления радиального отверстия в кольце. Необходимо отметить, что в отечественных САПР содержатся обширные библиотеки стандартных станочных элементов в соответствии с ГОСТами.

1. Выполняют чертеж обрабатываемой детали в трех проекциях (реже — в двух) на значительном расстоянии друг от друга, чтобы поместились проекции приспособления. Деталь вычерчивают условными линиями на той стадии обработки, когда она поступает на данную операцию, т.е. заготовку для данной операции.





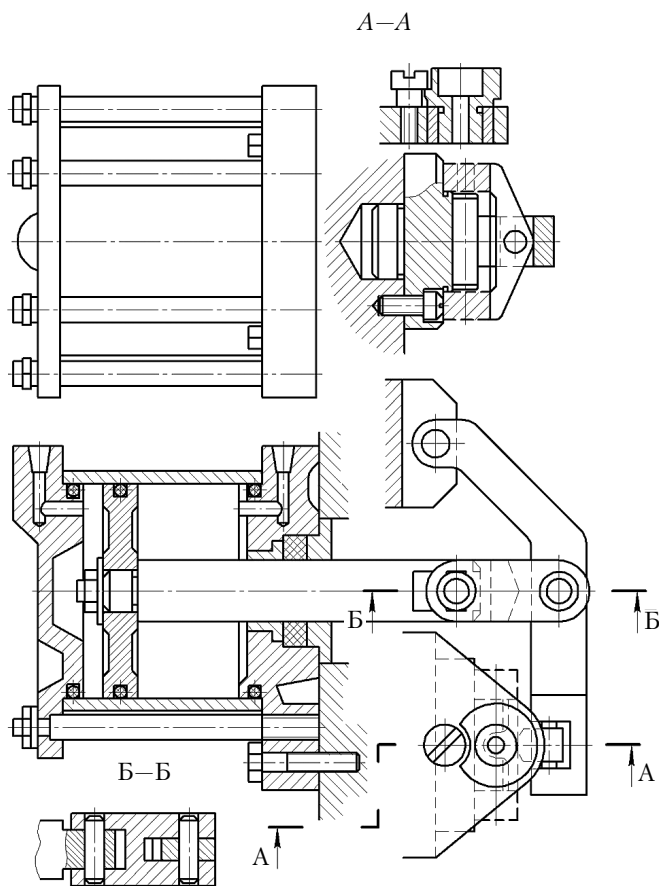
**Рис. 3.94.** Разработка чертежа общего вида приспособления:  
этапы 1, 2 (а), 3 (б), 4 (в)

2. Наносят на чертеж элементы приспособления для направления инструмента. Кондукторные втулки вычерчивают на требуемом расстоянии от детали и сразу же определяют необходимую толщину корпуса или кондукторной плиты в месте установки втулок (рис. 3.94, *а*).

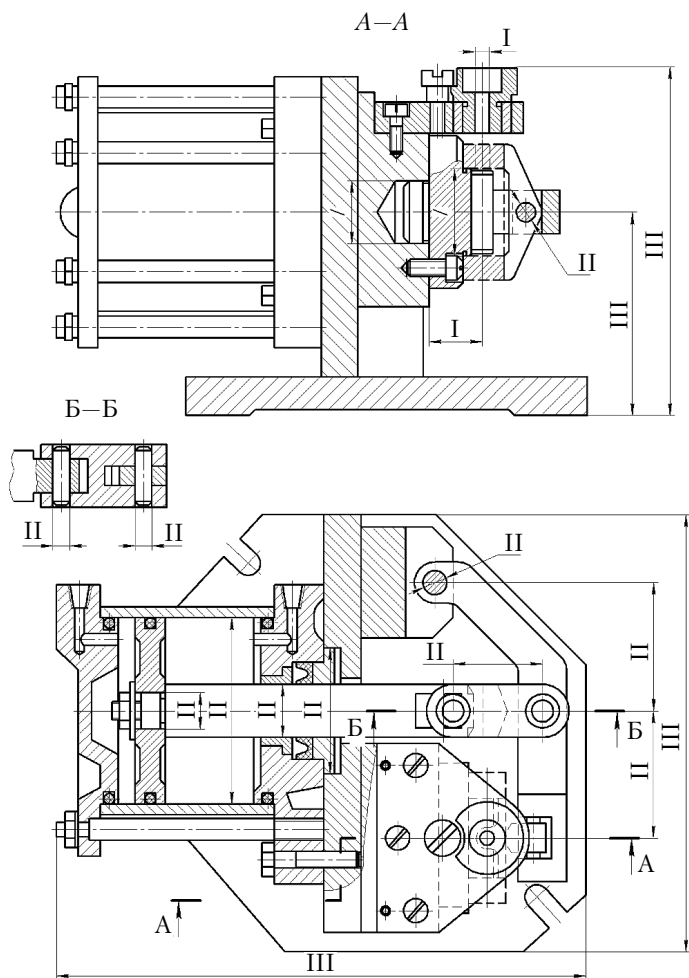
3. Вычерчивают установочные элементы приспособления так, чтобы базовые поверхности детали с ними соприкасались (рис. 3.94, *б*).

4. Вычерчивают зажимные механизмы и приводы (рис. 3.94, *в*, 3.95).

5. Вычерчивают вспомогательные устройства и детали (рис. 3.96).



**Рис. 3.95.** Разработка чертежа общего вида приспособления:  
этап 4 (компоновка привода)



**Рис. 3.96.** Разработка чертежа общего вида приспособления:  
этапы 5–7

6. Конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения элементов. Вычерчивают элементы для определения положения приспособления в рабочем пространстве станка (см. рис. 3.96).

7. Оформляют чертеж приспособления. Проставляют габаритные, установочные размеры с допусками, посадки (см. рис. 3.96), затем составляют спецификацию приспособления (при необходимости с указанием материала деталей, их термообработки, ГОСТов

и нормалей). Указывают технические требования на приспособление.

После проработки конструкции приспособления на его общем виде проставляют три группы размеров [25], а именно:

I. Размеры приспособления, точность которых влияет на погрешность размеров детали, которые формируются на оснащаемой операции (см. рис. 3.96). Какие размеры включаются в эту группу, определяют из анализа технологических размерных цепей. Размерные цепи, в которых размеры приспособления являются составляющими звеньями, строятся по каждому показателю точности, выдерживаемому на операции. Допуски на эти размеры получают расчетом технологических размерных цепей.

II. Размеры сопряжений и монтажные размеры, не влияющие своей точностью на погрешность обработки заготовки, но определяющие условия работы и расположение отдельных деталей и механизмов приспособления (см. рис. 3.96).

III. Справочные и габаритные размеры. Как правило, точность таких размеров на чертеже не указывается. Точность этих размеров выполняется по 14-му качеству (см. рис. 3.96).

На II группу размеров, как правило, назначают допуски или указываются посадки. Численные значения допусков определяют аналогично первой группе размеров (по результатам расчета технологических размерных цепей). Посадки в соединениях деталей приспособления определяются характером работы соответствующих механизмов и обеспечивают нормативные условия их работы.

Решение задачи проектирования приспособления для технологической операции является многовариантным. Для оснащения технологической операции зачастую могут быть спроектированы несколько вариантов приспособления, обеспечивающих требуемую точность обработки. Но при этом они будут отличаться по производительности, сложности и себестоимости.

Оптимальным вариантом конструкции приспособления будет тот, который обеспечит оптимальную себестоимость изготовления детали, а также требуемое быстродействие, которое зависит от условий и типа производства. Наиболее простым вариантом является сравнение по элементам годовой технологической себестоимости операции, зависящим от применяемого приспособления.

Проектирование приспособления завершается оформлением комплекта конструкторской документации, включающим сборочный чертеж приспособления (при необходимости чертежи некоторых узлов могут выполняться отдельными чертежами), специ-

фикацию приспособления, рабочие чертежи оригинальных деталей приспособления и др.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое специальное приспособление?
2. Из каких двух этапов состоит процесс проектирования специального приспособления?
3. Какие исходные данные необходимы для проектирования приспособления?
4. Перечислите требования, которым должна отвечать конструкция приспособления.
5. За счет выполнения каких условий обеспечивается получение заданной точности обрабатываемых в приспособлении поверхностей?
6. За счет чего обеспечивается заданная производительность операции?
7. За счет чего обеспечивается удобство приспособления в эксплуатации?
8. За счет чего обеспечивается безопасность приспособления?
9. Приведите последовательность разработки конструкции приспособления.
10. Приведите последовательность разработки чертежа приспособления.
11. Какие группы размеров проставляются на общем виде приспособления?
12. По каким критериям производится выбор наиболее целесообразной конструкции для конкретных условий конструкции?

## Глава 4

# КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

*В данной главе представлена классификация контрольно-измерительных приспособлений, рассмотрены принципы построения контрольных приспособлений, особенности методики их проектирования, приведены примеры различных специальных контрольных приспособлений.*

### 4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Задачи, решаемые с помощью контрольных приспособлений, весьма разнообразны. Контрольные приспособления служат для контроля размеров отдельных поверхностей детали и точности их взаимного расположения, для контроля за качеством и стабильностью технологического процесса, в том числе и с целью управления им, для проверки расстояний между деталями сборочной единицы, между сборочными единицами машины или между осями, для проверки конфигурации, правильности положения деталей или сборочных единиц, для определения эксплуатационных свойств деталей отдельных машин и технических характеристик изделия в целом и др. К контрольным средствам измерения относятся также испытательные и контрольные стенды и т.д.

Контрольно-измерительное приспособление представляет собой специальное производственное средство измерения и контроля, представляющее собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств.

Основные требования к контрольно-измерительным приспособлениям:

- обеспечение оптимальной точности и производительное контрольных операций;
- удобство эксплуатации;
- технологичность в изготовлении;
- износоустойчивость;
- экономическая целесообразность.

По принципу работы и характеру используемых измерительных устройств КИП подразделяют следующим образом:

- отсчетные со шкальными измерителями (индикаторами часового типа, пневматическими измерителями и т.п.), с помощью которых определяют численные значения измеряемых величин;

- предельные с бесшкальными измерителями (жесткими калибрами, щупами и т.п.), используемые для сортировки деталей на годные и брак;
- с комбинированными измерителями (электроконтактные датчики с отсчетными шкалами и т.п.), позволяющими сортировать детали по предельным размерам и оценивать действительные значения контролируемых параметров.

По технологическому назначению различают контрольно-измерительные приспособления подразделяют:

- операционного контроля;
- приемочные (для приемки заготовок, готовых деталей);
- активного контроля;
- для контроля правильности наладки и протекания техпроцесса;
- для механизации и автоматизации контроля.

Контрольно-измерительные приспособления для контроля геометрических параметров деталей также можно подразделить на стационарные и накладные.

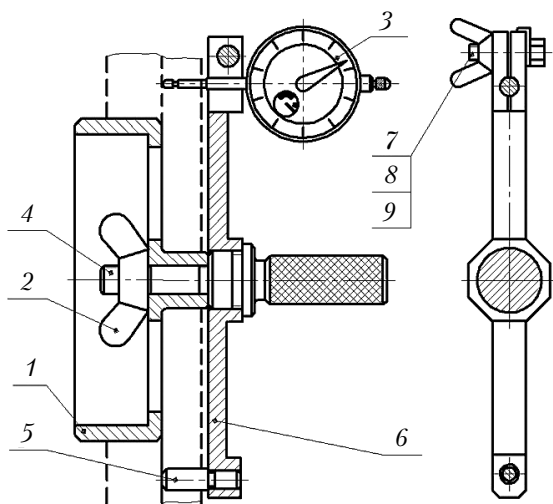
## **4.2. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

### **4.2.1. Приспособление для контроля относительного расположения поверхностей деталей типа диска**

К деталям типа дисков можно отнести шкивы, маховики, короткие стаканы, зубчатые колеса (до формирования зубчатого венца) и др. В таких деталях с помощью контрольных приспособлений наиболее часто контролируются полное, торцевое и (или) радиальное биение, соосность ответственных поверхностей, параллельность торцов и др.

На рис. 4.1 приведено приспособление для контроля отклонения от перпендикулярности торца относительно центрального отверстия диска. Приспособление состоит из оправки 1 в виде диска с центральным отверстием, в которое вставлена рукоятка 4 и закреплена гайкой 2. Предварительно на рукоятку 4 установлен рычаг 6, несущий на одном конце опору 5, а на другом — измерительную головку (или индикатор) 3, закрепленную с помощью винта 8, стопорной шайбы 9 и гайки 7. Ступица рычага 6 притерта без люфта на шейке рукоятки 4. Это обеспечивает вращение рычага на рукоятке без зазора, что важно для точности измерений при значительных размерах контролируемого диска. Для определения отклонения от перпендикулярности торца рычагу дается один-два

оборота. По разности показаний измерительной головки (или индикатора) определяют отклонения от перпендикулярности торца относительно центрального отверстия.



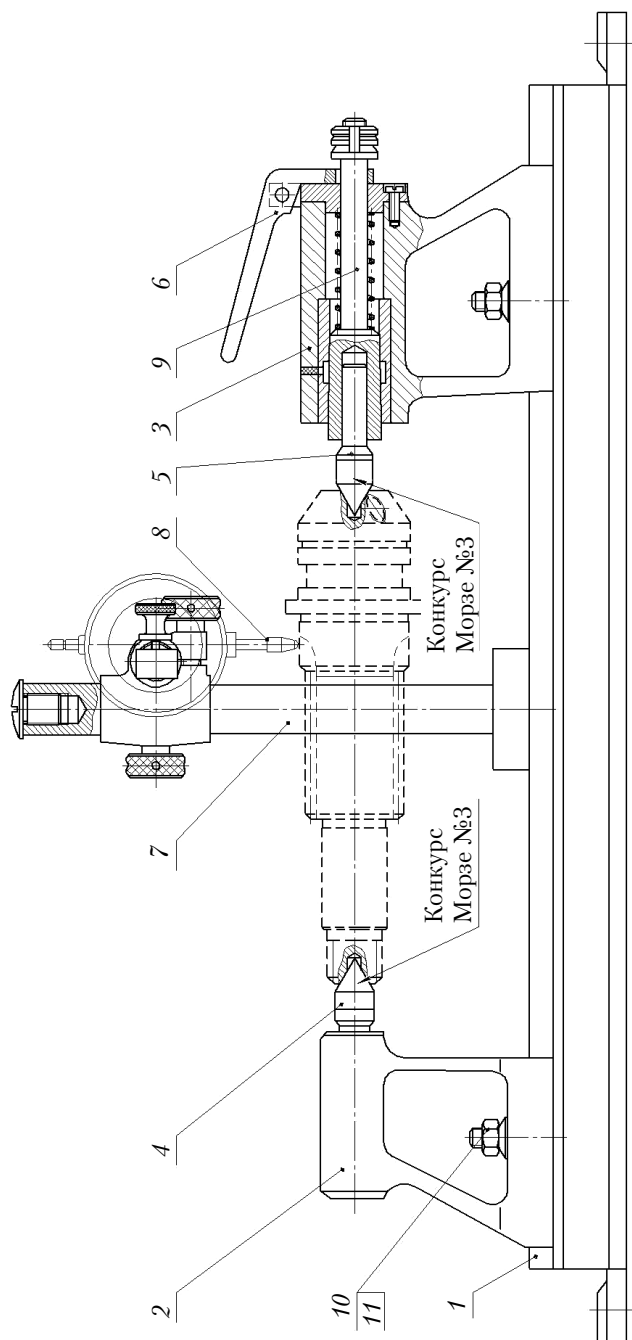
**Рис. 4.1.** Приспособление для контроля отклонения от перпендикулярности торца относительно центрального отверстия диска

#### **4.2.2. Приспособление для контроля относительного расположения поверхностей вала-шестерни**

К деталям типа вала в основном предъявляются требования, которые можно подразделить на две группы: первая — требования к точности формы шеек вала (отклонения от круглости и цилиндричности и др.); вторая — к точности расположения шеек вала (радиальное биение, отклонение от соосности и др.) и его торцевых поверхностей (торцевое биение, отклонения от перпендикулярности и др.). При наличии зубчатых венцов предъявляются требования к радиальному или полному биению зубчатого венца, его торцевому биению и др. В большинстве случаев для контроля этих параметров применяются приспособления с индикаторами часового типа или измерительными головками.

Приспособление (рис. 4.2) предназначено для контроля радиального биения шеек вала-шестерни (деталь показана на рисунке штриховой линией), соосности этих шеек, также оно может использоваться для контроля торцевого биения торца вала-шестерни под подшипники. Приспособление состоит из плиты 1, на которой установлены





**Рис. 4.2.** Приспособление для контроля радиального биения шеек вала-шестерни относительно оси детали  
(общей оси центровых отверстий)

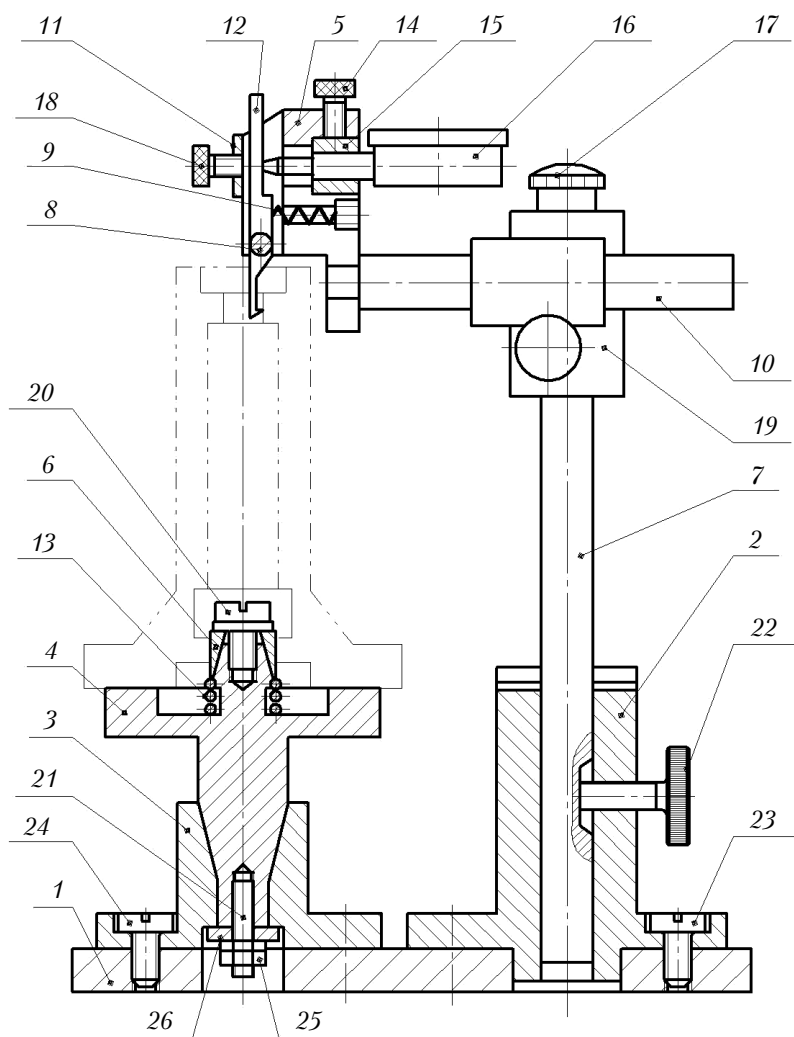
основные узлы приспособления: задний (жесткий) центр 4 в корпусе 2; передний (подвижный) центр 5 с механизмом его отведения 9, состоящим из подпружиненного шпинделя, смонтированного в корпусе 3 и предохраняемого от выпадения фланцем; стойка 7 с индикатором часового типа 8 (индикатор двухмикронный с ценой деления 2 мкм, пределом измерения 0–0,2 мм). Стойка с индикатором может перемещаться вдоль паза в корпусе приспособления.

Приспособление настраивается по эталонной детали, после настройки положение заднего центра 2 фиксируется пазовым болтом 10 и гайкой 11. Затем контролируемая деталь устанавливается в центра и закрепляется подвижным центром 5, который отводится при помощи рычага 6. Снимаются показания индикатора 8 при повороте детали на два оборота (максимальное и минимальное). По разности показаний определяется величина радиального биения шеек оси относительно оси детали (общей оси центровых отверстий).

#### **4.2.3. Приспособления для контроля размеров и относительного расположения поверхностей корпусных деталей**

Корпусные детали могут иметь самую разнообразную форму и точность, в них контролируются самые разнообразные по своему характеру параметры точности. Это и расстояния между поверхностями, и соосность отверстий, перпендикулярность или параллельность каких либо элементов детали и др. Поэтому приспособления для контроля корпусных деталей весьма разнообразны по конструкции.

На рис. 4.3 представлено приспособление для контроля соосности двух отверстий под установку подшипников в корпусной детали. На основании 1 закреплены кронштейн для установки контролируемой детали и стойка 7 для измерительной головки (или индикатора) 16. Контролируемая деталь устанавливается на цангу 13, установленную на ступенчатую оправку 4, которая запрессована в отверстие кронштейна 3, закрепленного на основании с помощью шпильки 21, шайбы 26 и двух гаек 25. Измерительная головка 16 с удлиненной рычажной системой 12 закрепляется с помощью винта 14 в кронштейне 5 на скалке 10, которая в свою очередь установлена с помощью хомутика 19 на стойке 7. Стойка 7 установлена в кронштейне 2 с возможностью перемещения в вертикальном направлении с последующей фиксацией винтом 22. Кронштейн 2 крепится к основанию 1 с помощью винтов 23.



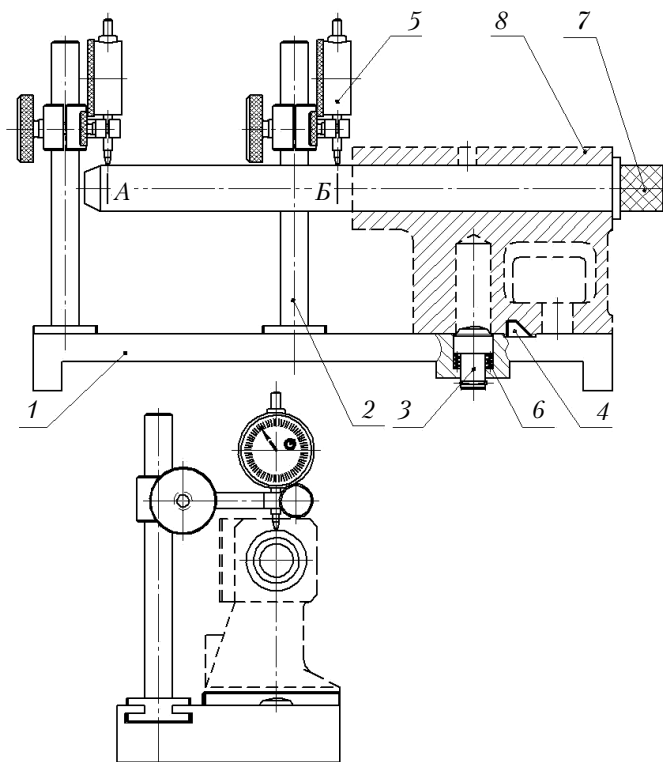
**Рис. 4.3.** Приспособление для контроля соосности отверстий  
в корпусной детали:

- 1 — основание; 2 — кронштейн; 3 — кронштейн; 4 — шпindel; 5 — кронштейн;  
6 — цанга; 7 — стойка; 8 — ось; 9 — пружина; 10 — скалка; 11 — планка;  
12 — рычаг; 13 — пружина; 14 — винт; 15 — втулка; 16 — измерительная головка;  
17 — пробка; 18 — винт; 19 — хомут; 20 — винт; 21 — шпилька; 22 — винт;  
23 — винт; 24 — винт; 25 — гайка; 26 — шайба; 27 — винт /В/

Радиальное биение поверхности отверстия корпуса проверяется путем вращения диска на один-два оборота. По разности по-

казаний измерительной головки (ИГ) 16 определяют радиальное биение контролируемой поверхности относительно оси базового отверстия.

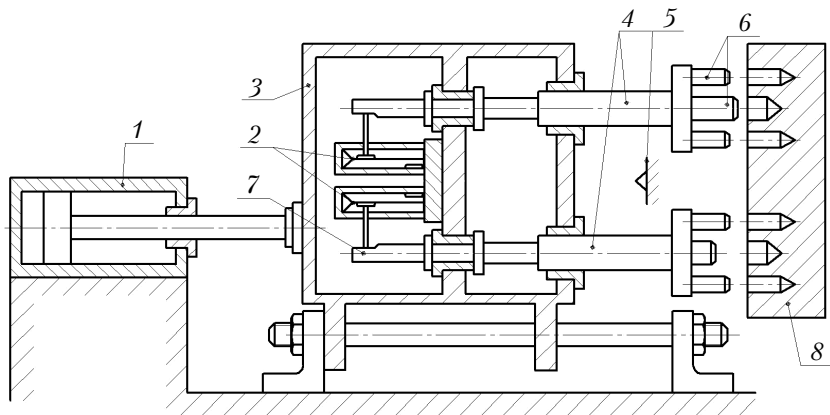
На рис. 4.4 представлено приспособление, предназначенное для контроля параллельности оси отверстия корпуса задней бабки 8 ее установочной плоскости. Приспособление состоит из плиты 1, в которой отработаны отверстия для установки установочных элементов, и Т-образный паз для установки стоек 2 с индикаторами 5. На корпус устанавливается на штифты и привинчивается направляющий зуб 4 с углом  $45^\circ$  (направляющая база для установки контролируемой детали). В качестве опорной базы служит подпружиненный (пружина 6) конический палец 3. Палец предохраняется от выпадения разрезным кольцом. Закрепление корпуса не требуется, так как усилия при контроле незначительные и не смещают деталь.



**Рис. 4.4.** Приспособление для контроля отклонения от параллельности оси отверстия корпуса задней бабки ее установочной плоскости

В пазы плиты устанавливаются стойки 2 с индикаторами ИЧ1 ГОСТ 577–68 (поз. 5). Настройка индикаторов на ноль производится по эталонной детали перед выполнением операции контроля. Затем на приспособление устанавливается контролируемая деталь, в отверстие которой устанавливается до упора скалка 7, исполнительная поверхность которой выполнена с точностью по 6-му качеству. На скалке нанесены две риски А и Б, расстояние между которыми 150 мм (в соответствии с техническими требованиями на деталь). Положение рисок указывает положение наконечников индикаторов при контроле. По разности показаний индикаторов в точках А и Б определяется отклонение от параллельности оси отверстия и базовой плоскости корпуса задней бабки.

На рис. 4.5 показано контрольно-блокировочное устройство для контроля глубины отверстий в корпусной детали. Контролируемая деталь 8 подается на измерительную позицию. Глубиномеры 6, объединенные в блоки 4, помещенные в корпус 3 приспособления, который вместе с закрепленными в нем блоками и глубиномерами подается гидроцилиндром 1 до соприкосновения с упором 5. Если хотя бы один глубиномер не войдет в отверстие на нужную глубину, то блок 4 сдвинется влево относительно корпуса 3, штоки 7 через промежуточные детали замкнут контакты 2, которые включают сигнальный элемент или остановят оборудование.



**Рис. 4.5.** Схема контрольно-блокировочного устройства

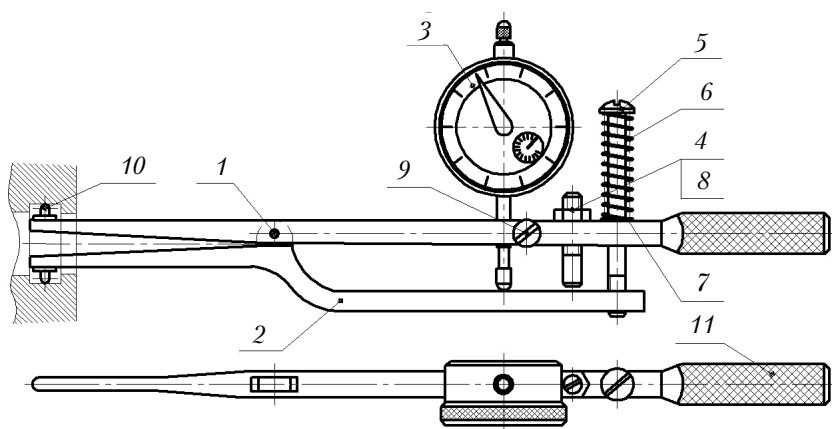
#### **4.2.4. Нестационарные приспособления**

Для контроля ряда деталей могут использоваться нестационарные приспособления. В основном они применяются, если необходимы:

- контроль крупных и средних деталей, когда требуется изменение положения приспособления;
- осуществление контроля в труднодоступных местах;
- применение одного и того же приспособления на разных элементах детали и др.

Точность таких приспособлений несколько ниже, чем стационарных, но мобильность и универсальность значительно выше. При этом стоимость таких приспособлений, как правило, значительно ниже, чем стационарных.

На рис. 4.6 показан специальный нутромер для контроля диаметра внутренних канавок. Он состоит из верхней ножки 11, которая имеет с одной стороны рукоятку с другой — щуп 10, а в середине на ней крепятся болт 5 с пружиной 6 и шайбой 7, упор 4 с контргайкой 8 и измерительная головка 3, закрепленная на ножке винтом 9. Верхняя ножка 11 соединена с нижней ножкой 2 шарнирно с помощью оси 1. Нижняя ножка 2 с одной стороны имеет резьбовое отверстие для болта 5, а с другой — щуп 10. Нутромер настраивается по специальным настроечным кольцам и скобам.



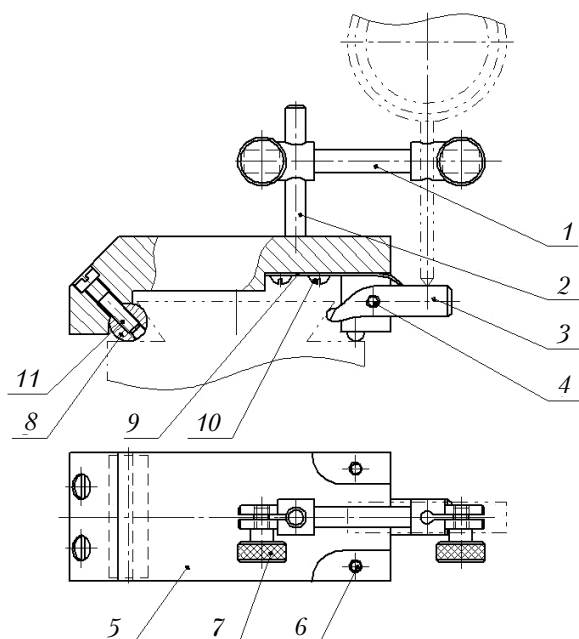
**Рис. 4.6.** Специальный нутромер для контроля диаметра внутренних канавок

Приспособление (рис. 4.7) предназначено для контроля отклонения от перпендикулярности отверстия относительно паза рычага 9. Приспособление состоит из угольника 1, двух регулируемых опор 8, системы крепления индикатора 3, 4, 5 и самого индикатора 10, контрольного валика 6 и планки 7, сменной втулки 2, установленной на угольнике 1 при помощи стандартного крепежа. В паз рычага 9 устанавливается контрольная планка 7 с совме-

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a valve or actuator, showing a cross-section and a detailed view of the control mechanism. The drawing includes the following components and dimensions:

- Numbered parts:** 1 (top housing), 2 (bottom housing), 3 (vertical shaft), 4 (top nut/bushing), 5 (top seal), 8 (top seal), 6 (horizontal shaft), 7 (vertical shaft extension), 9 (bottom seal), 10 (top seal), 11 (bottom nut/bushing).
- Dimensions:**
  - $90^{\circ} \pm 1$  (angle of the control lever).
  - 50\* (distance from the control lever pivot to the inspection points).
  - 50\* (distance from the control lever pivot to the inspection points).
- Inspection Points:** Точки Контроля (Inspection Points).

На рис. 4.8 представлен эскиз приспособления для контроля отклонения от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста стола фрезерного станка. Приспособление состоит из корпуса 5, на котором смонтированы три сферические опоры, две из которых (опоры 8, закрепленные на корпусе винтами 11) устанавливаются в угловой паз и базируются по двум поверхностям ласточкиного хвоста, третья опора 6 опирается на горизонтальную плоскость детали. Рычаг 3, на который опирается ножка индикатора, установлен в корпусе 5 на оси 4. Рычаг 3 поджимается к контролируемой поверхности плоской пружиной 9, привинченной к корпусу двумя винтами 10. Индикатор установлен на корпусе на стойке (поз. 1, 2) при помощи винта 7.



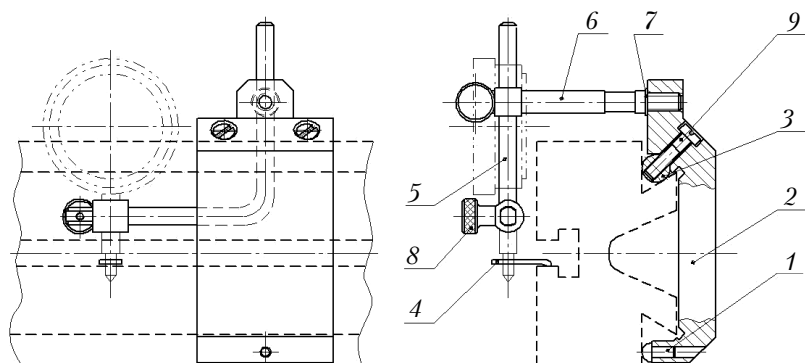
**Рис. 4.8.** Эскиз приспособления для контроля отклонения от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста стола фрезерного станка

Приспособление устанавливается на стол фрезерного станка (деталь) на расстоянии 50 мм от его торца. При этом приспособление базируется по трем поверхностям ласточкиного хвоста. Пружина 9 поджимает один конец рычага 3 к контролируемой поверхности, второй конец которого перемещает наконечник индикатора. Снимаются показания индикатора. Затем приспособление перемещается на расстояние 250 мм, и замер повторяется. По разности показаний индикатора определяется отклонение от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста.

На рис. 4.9 представлен эскиз приспособления для контроля отклонения от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста относительно паза стола фрезерного станка. Приспособление состоит из корпуса 2, на котором смонтированы две сферические опоры. Опоры 3, закрепленные на корпусе винтами 9, устанавливаются в угловой паз и базируются по двум поверхностям ласточкиного хвоста. Опора 1 опирается на горизонтальную плоскость детали. Пружинный рычаг 4, закрепленный на ножке индикатора, опирается на боковую поверхность паза стола станка. Индикатор уста-



новлен на корпусе 2 на сборной стойке (поз. 5, 6, 7) при помощи винта 8.



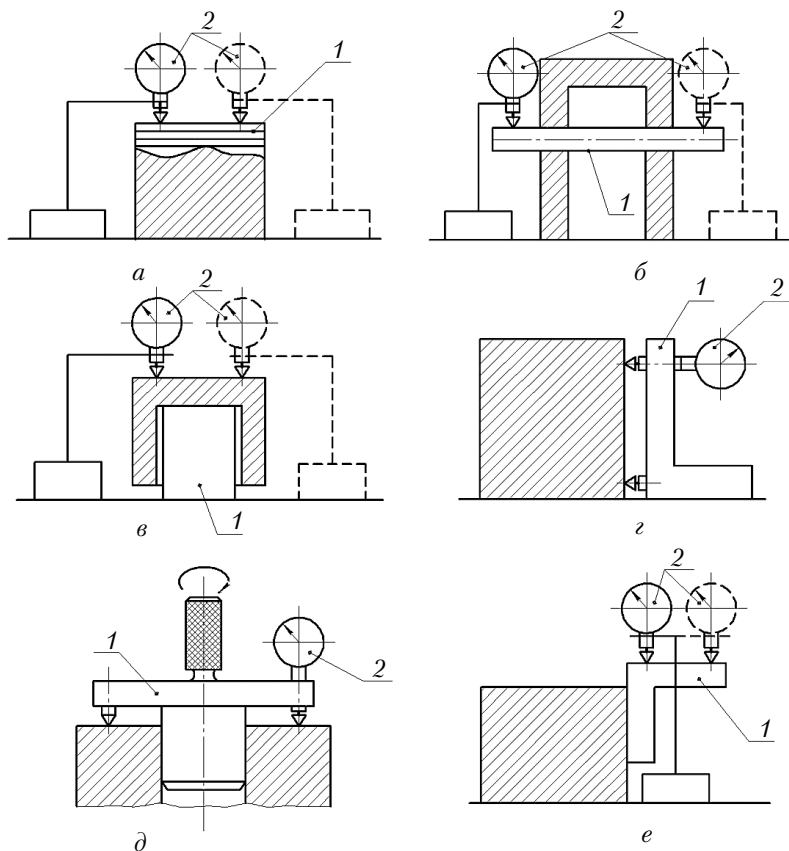
**Рис. 4.9.** Эскиз приспособления для контроля отклонения от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста относительно паза стола фрезерного станка

Индикатор предварительно выставляется по эталонной детали таким образом, чтобы при замере обеспечивался натяг в 1–3 оборота стрелки. Затем приспособление устанавливается на стол фрезерного станка (деталь) на расстоянии 50 мм от его торца. При этом приспособление базируется по трем поверхностям ласточкиного хвоста. Пружинная ножка индикатора вводится в паз стола станка. Снимаются показания индикатора. Затем приспособление перемещается на расстояние 250 мм, и замер повторяется. По разности показаний индикатора определяется отклонение от параллельности поверхностей ласточкиного хвоста относительно паза стола станка.

### **4.3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Разработка специального средства контроля начинается с выбора схемы контроля, которая представляет собой совокупность схемы установки детали и расположения средств контроля, связанных с измерительными базами контролируемого объекта. Предпочтительным требованием при выборе схем контроля является применение таких, для которых возможна реализация комплексной проверки нескольких параметров с использованием одного средства измерения. Желательно проектирование унифицированных контрольных приспособлений. Схемы контроля ряда параметров точности можно найти в справочной литературе. На рис. 4.10 приве-

дены типовые схемы контроля отклонения от перпендикулярности и от параллельности поверхностей различных деталей.



**Рис. 4.10.** Схемы измерения отклонения от параллельности и перпендикулярности:

поз. 2 на всех схемах — измерительная головка; поз. 1:  
а — измерительная линейка; б — оправка; в — опора с параллельными торцовыми поверхностями; г, е — угольник; д — цилиндрическая оправка

Перед проектированием специального контрольного приспособления необходимо определить допустимую погрешность измерения. Максимально допустимая погрешность измерения  $\Delta_{\text{изм}}$  зависит от размеров поверхности и качества точности контролируемого размера (табл. 4.1, причем следует выбирать ее величину по ближайшему меньшему качеству). Допускается определять

максимально допустимую погрешность измерения для грубых квалитетов около 20%, для точных квалитетов — около 35% допуска на контролируемый размер. Установленные стандартом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерении, они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения. Случайная погрешность измерения не должна превышать 0,6 от предела допускаемой погрешности измерения.

Таблица 4.1

**Погрешность измерения**

Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от квалитета, мкм							
	2	3	4	5	6	7	8	9
До 3	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	3,0	3,0	6
2–6	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	8
6–10	0,6	1,0	1,4	2,0	2,0	4,0	5,0	9
10–18	0,8	1,2	1,6	2,8	3,0	5,0	7,0	10
18–30	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	12
30–50	1,0	1,4	2,4	4,0	5,0	7,0	10,0	16
50–80	1,2	1,8	2,8	4,0	5,0	9,0	12,0	18
80–120	1,6	2,0	3,0	5,0	6,0	10,0	12,0	20
120–180	2,0	2,8	4,0	6,0	7,0	12,0	16,0	30
180–250	2,8	4,0	5,0	7,0	8,0	12,0	18,0	30
250–315	3,0	4,0	5,0	8,0	10,0	14,0	20,0	30
315–400	3,0	5,0	6,0	9,0	10,0	16,0	24,0	40
400–500	4,0	5,0	6,0	9,0	12,0	18,0	26,0	40
Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от квалитета, мкм							
	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	8	12	20	30	50	80	120	200
2–6	10	16	30	40	60	100	160	240
6–10	12	18	30	50	80	120	200	300
10–18	14	30	40	60	90	140	240	380
18–30	18	30	50	70	120	180	280	440
30–50	20	40	50	80	140	200	320	500
50–80	30	40	60	100	160	240	400	600

Номинальные размеры, мм	Погрешность измерения $\Delta_{\text{изм}}$ в зависимости от качества, мкм							
	10	11	12	13	14	15	16	17
80–120	30	50	70	120	180	280	440	700
120–180	40	50	80	140	200	320	500	800
180–250	40	60	100	160	240	380	600	1000
250–315	50	70	120	180	260	440	700	1100
315–400	50	80	120	180	280	460	800	1200
400–500	50	80	140	200	320	500	800	1400

После выбора схемы контроля и определения допустимой погрешности измерения для приспособлений, обеспечивающих выявление численного значения параметра точности, выбирается средство контроля (например, индикатор часового типа, измерительная головка и т.п.), и определяется его погрешность измерения по паспорту. На эту величину должна быть уменьшена допустимая погрешность измерения при проведении размерного анализа проектируемого приспособления, так как допустимая погрешность измерения является исходным звеном в размерной цепи.

Далее осуществляется выбор измерительных баз, который оказывает существенное влияние на точность контроля. При выборе баз необходимо руководствоваться принципом совмещения баз: целесообразно, чтобы измерительная база совпадала с конструкторской размерной базой. В противном случае при выборе средства измерения придется учитывать погрешность, вызванную несовпадением баз. При этом необходимо обеспечить наибольшую возможную точность положения измерительной базы относительно конструкторской размерной базы. При выборе баз необходимо также обеспечить, чтобы линия измерения совпадала с направлением измеряемого размера, т.е. отсутствовала компараторная погрешность.

В остальном методика проектирования специальных контрольных приспособлений аналогична методике проектирования специальных станочных приспособлений.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое контрольно-измерительное приспособление?
2. Каково назначение контрольно-измерительных приспособлений?
3. Приведите классификацию контрольно-измерительных приспособлений.

4. Какие задачи решаются с помощью контрольных приспособлений?
5. Приведите основные требования к контрольно-измерительным приспособлениям.
6. Приведите классификацию контрольно-измерительных приспособлений по принципу работы и характеру используемых измерительных устройств.
7. Приведите классификацию контрольно-измерительных приспособлений по технологическому назначению.
8. Приведите пример приспособления для контроля относительного расположения поверхностей детали типа диска. Опишите принцип работы такого приспособления.
9. Приведите пример приспособления для контроля относительного расположения поверхностей детали типа вала или вал-шестерни. Опишите принцип работы такого приспособления.
10. Приведите пример приспособления для контроля относительного расположения поверхностей корпусной детали. Опишите принцип работы такого приспособления.
11. Приведите пример контрольно-блокировочного устройства, поясните принцип его работы.
12. Чем отличаются стационарные и нестационарные приспособления?
13. Каково назначение нестационарных приспособлений?
14. Приведите пример нестационарного приспособления для контроля относительного расположения поверхностей детали. Опишите принцип работы такого приспособления.
15. Какие особенности необходимо учитывать при проектировании специальных контрольных приспособлений?

## Глава 5

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»

*В данной главе представлены содержание и методика проведения практических работ и курсовой работы, приведены примеры их выполнения.*

### 5.1. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

#### ***Практическая работа № 1. «Разработка теоретической схемы базирования заготовки в приспособлении и выбор установочных элементов»***

##### **1. Цели практической работы:**

- закрепление теоретического материала по базированию заготовок;
- приобретение практических навыков разработки и оформления теоретических схем базирования в соответствии с требованиями ГОСТа;
- подготовка студентов к самостоятельной работе при выполнении отдельных разделов курсовых и дипломных работ;
- приобретение навыков и умения выбирать и рассчитывать установочные элементы, обеспечивающие реализацию теоретической схемы базирования;
- приобретение навыков использования теории размерных цепей при расчете погрешностей обработки заготовок.

##### **2. Средства достижения целей практической работы:**

- разъяснение преподавателем общей методики разработки теоретической схемы базирования заготовки в приспособлении, выбора установочных элементов и обоснование при помощи точностных расчетов с помощью теории размерных цепей; пояснение сопровождается рассмотрением соответствующих примеров. При выполнении практической работы приобретаются практические навыки поиска необходимой информации;
- самостоятельное решение студентом поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием.

### **3. Исходные данные для проведения работы:**

- чертеж детали;
- задание на проектирование приспособления с указанием содержания операции, точности размеров и шероховатости поверхностей, получаемых в результате ее выполнения, характеристики поверхностей, с которыми заготовка поступает на данную операцию, тип оборудования и инструмента, режимы резания (силы, моменты), с которыми будет производиться обработка.

### **4. Методика проведения работы.**

Задача, которую должен решить студент в ходе выполнения этой работы, может быть сформулирована, например, следующим образом: «Разработать теоретическую схему базирования заготовки для обработки отверстия  $\varnothing 25H8$  (плоскости, паза, лыски...), обеспечивающую размер расположения отверстия  $50 \pm 0,05$  и выбрать (рассчитать) конструкции установочных элементов, обеспечивающих заданную точность. Рассчитать погрешности обработки заготовки в проектируемом приспособлении».

#### **4.1. Разработка теоретической схемы базирования.**

Решение задачи по разработке теоретической схемы базирования сводится к определению:

- комплекта базовых поверхностей, обеспечивающих базирование заготовки;
- квалификационных групп, к которым относится каждая база (установочная, направляющая и т.д.);
- количества и взаимного расположения опорных точек на каждой базе;
- количества и взаимного расположения установочных элементов для каждой базы.

Разработанная теоретическая схема базирования представляется в виде отдельного эскиза заготовки в необходимом для правильного понимания числе проекций и оформляется в соответствии с ГОСТ 21495–76.

Выполнение этой работы может быть проведено в следующем порядке.

*4.1.1. Анализ исходных данных и выявление поверхностей, способных участвовать в базировании заготовки.*

Необходимо проанализировать исходные данные задачи, обратив внимание на форму и размеры поверхностей, ограничивающих заготовку, выбрать из них поверхности (оси, точки и др.), которые могут составить комплект технологических баз. При этом нужно обратить особое внимание на поверхности и размеры, свя-

зывающие обрабатываемую поверхность с другими поверхностями, так как являющиеся размерными базами должны входить в комплект технологических баз (принцип совмещения баз). Рассматривая поверхности заготовки, необходимо выявить такие, которые могут лишить заготовку одной или нескольких степеней свободы. Чтобы лишить заготовку всех шести степеней свободы (т.е. при необходимости использования полной схемы базирования) необходимо иметь в комплекте баз не менее трех поверхностей или заменяющих их сочетаний поверхностей.

#### *4.1.2. Выбор и обоснование базовых поверхностей.*

Из выявленных в п. 4.1.1 поверхностей (осей, точек и др.), которые могут стать технологическими базами, первой выбирается лишаящая заготовку самого большого числа степеней свободы. Если это плоская поверхность, она может быть выбрана как установочная база, лишаящая заготовку трех степеней свободы. Чтобы являться установочной базой, такая поверхность должна иметь наибольшую площадь, обеспечивающую устойчивое положение заготовки на трех опорах, и быть способной воспринять силы зажима. Поверхность заготовки, которая может определить положение заготовки при помощи двух опорных точек, является направляющей базой. Необходимо, чтобы эта поверхность имела достаточную протяженность, чтобы лишить заготовку двух степеней свободы. Третья поверхность всегда будет опорной базой, которая лишает заготовку одной степени свободы, и к ее габаритным размерам требований не предъявляется.

В случаях когда в комплект баз анализируемых поверхностей входят цилиндрические поверхности, имеющие большую длину или их оси, выбор базы начинается с базы, лишаящей заготовку четырех степеней свободы, т.е. с двойной направляющей базы.

Однако встречаются случаи, когда рассмотренные нами критерии при выборе баз не являются достаточными. Такие случаи возможны при обработке точных деталей, когда обрабатываемая поверхность связана жесткими требованиями к точности размеров и взаимных расположений с несколькими поверхностями. В этих случаях выбранный комплект баз необходимо проанализировать и при необходимости перераспределить количество опорных точек между базовыми в пользу обеспечения более высокой точности базирования.

Выбор баз сопровождается обоснованием, почему та или иная поверхность выбрана за конкретную базу, и заканчивается определением комплекта баз.



*4.1.3. Разработка эскиза теоретической схемы базирования заготовки и построение собственной координатной системы заготовки XOYZ на основе технологических баз.*

На основании выполненной в п. 4.1.2 работы вычерчивается теоретическая схема базирования заготовки. На эскизе заготовки, вычерченном в необходимом числе проекций, наносятся и нумеруются опорные точки, начиная с точек, относящихся к базам, лишаящим заготовку большего числа степеней свободы.

Выбранные в п. 4.1.2 базовые поверхности позволяют построить координатную систему заготовки, которая в дальнейшем должна совмещаться с координатной системой приспособления. За собственную координатную систему заготовки принимается координатная система технологических баз. Следовательно, необходимо определить положение начала системы координат  $O$  и направления всех трех координатных осей —  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$ .

В зависимости от конструктивных особенностей базовых поверхностей координатные плоскости могут быть реальными поверхностями заготовки (совпадающими с поверхностями заготовки) или воображаемыми плоскостями сечений (например, проходящими через оси заготовки). Координатные оси наносятся на эскиз теоретической схемы базирования. На координатных осях необходимо указать, какая опорная точка какого перемещения или поворота лишает заготовку и относительно какой координатной оси.

**4.2. Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов.**

*4.2.1. Выбор установочных элементов.*

В соответствии с принятой схемой базирования выбираются для каждой базовой поверхности установочные элементы. Этот выбор необходимо сопровождать обоснованием, почему выбирается та или иная конструкция установочного элемента, чем это обусловлено. Ведь выбор установочных элементов зависит от многих параметров, характеризующих базовые поверхности, таких как форма поверхности, ее габаритные размеры, расположение поверхности в заготовке (наружная, внутренняя и др.), состояние поверхности и других.

*4.2.2. Вычерчивание эскиза установки заготовки и построение координатной системы приспособления XOYZ.*

Разработка эскиза установки начинается с вычерчивания эскиза заготовки и выбранных УЭ. На эскизе заготовка и установочные элементы должны быть показаны в трех проекциях (при возможности используют две проекции). При установке заготовки происходит совмещение системы координат заготовки с системой ко-

ординат приспособления. За систему координат приспособления в таких случаях принимается система координат УЭ. Следовательно, при установке заготовки должен быть обеспечен однозначный контакт между базовыми поверхностями заготовки и установочными элементами. Отсутствие такого контакта приводит к появлению неопределенности базирования.

На эскизе установки должны быть построены системы координат ТБ и УЭ. На эскизе установочные элементы вычерчиваются так, чтобы можно было понять их конструкцию и примерные размеры. Расположение установочных элементов должно обеспечивать устойчивое положение заготовки в приспособлении.

### **4.3. Расчет погрешности обработки заготовки.**

#### **4.3.1. Выявление размерных цепей.**

При решении вопросов обеспечения точности изготовлений деталей с применением приспособления следует иметь в виду, что приспособление определяет положение заготовки относительно режущего инструмента (станка), и возникающие при обработке погрешности связаны с погрешностями не только базирования, но и изготовления самого приспособления, а также с погрешностями расположения приспособления относительно режущего инструмента или станка. Для определения величины этих погрешностей необходимо, используя теорию размерных цепей, выявить размерную цепь, включающую все элементы приспособления, влияющие на величину и точность получаемого при обработке размера или поворота.

Исходным звеном такой размерной цепи будет получаемый при обработке размер (взаимный поворот) обрабатываемой заготовки. Составляющими звеньями — размеры (взаимные повороты) всех элементов приспособления, формирующих своими поверхностями размерную цепь. Поэтому при проектировании сверлильных, фрезерных или каких-либо еще приспособлений, имеющих элементы, определяющие положение инструментов, в размерные цепи должны включаться звенья, связывающие УЭ приспособления с элементами для определения положения и направления режущих инструментов. Такими элементами могут быть кондукторные и гнездовые втулки для определения положения сверл, установов и шупы для фрез и т.д.

За исходное звено размерной цепи приспособления нужно принять тот параметр точности, который имеет наиболее высокую точность. Наиболее часто этот параметр точности описывает расположение обрабатываемой поверхности. Для построения размерной цепи необходимо на отдельном эскизе вычертить расчетную схему,

используя для этого эскиз установки заготовки, и нанести на него элементы для определения положения инструмента. Далее на этом эскизе нужно построить размерную цепь, начиная с исходного звена.

Если в проектируемом приспособлении не применяются элементы для определения положения инструмента, то размерная цепь строится только для расчета погрешности базирования. В заключение необходимо пронумеровать все звенья размерной цепи и сформулировать их физическую сущность.

Для решения размерной цепи необходимо выявить (назначить) допуски на изготовление всех звеньев, входящих в размерную цепь. Данные о точности изготовления элементов приспособления, берутся из соответствующих ГОСТов, справочников и др. Допуски, относящиеся к детали, берутся из чертежа детали. Допуски на установочные элементы приспособлений и элементы, определяющие положение инструмента, должны включать допуски на изготовление и на износ. Допуски на износ условно можно принимать равными допуску на изготовление.

### 5. Расчет размерной цепи. Анализ точности обработки.

Для решения размерной цепи необходимо составить расчетную таблицу и занести в нее все данные, в том числе параметры исходного звена, передаточные отношения всех составлявших звеньев. При этом в качестве заданной точности исходного звена следует принимать не весь заданный на изготовление допуск, а лишь его часть — 30–50%, так как в образовании погрешностей обработки участвуют все подсистемы технологической системы, а не только приспособление: 30% допуска следует брать при заданной точности ниже 8-го качества, а 50% — при заданной точности выше 8-го качества.

Затем необходимо решить три уравнения:

- номиналов

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \xi_i \cdot A_i; \quad (5.1)$$

- допусков

$$TA_0 \geq \sum_{i=1}^m |\xi_i| \cdot TA_i; \quad (5.2)$$

- координат середин допусков

$$E_c A_0 = \sum_{i=1}^m \rho \cdot E_c A_i. \quad (5.3)$$

Рассчитанную погрешность необходимо сравнить с заданной точностью на соответствующий размер обрабатываемой детали. В случаях если рассчитанные погрешности больше заданных, необходимо проанализировать возможности уменьшения погрешностей всех звеньев размерной цепи и повторить расчет. Если и это не приведет к удовлетворительному результату, то необходимо менять схему базирования или методы обработки и всю работу повторить, начиная с п. 4.1.1.

## 6. Пример выполнения практической работы.

Задание: Разработать конструкцию приспособления для сверления отверстия  $\varnothing 10^{+0,09}$  в размер  $15 \pm 0,215$  мм в кольце на вертикально-сверлильном станке мод. Материал детали — сталь 45. Эта операция является последней в технологическом процессе изготовления кольца. Обработка производится с моментом резания  $M_{\text{рез}} = 8,75$  Н·м и силой резания  $P_0 = 1274,4$  Н. Тип производства — серийный. Эскиз детали представлен на рис. 5.1.

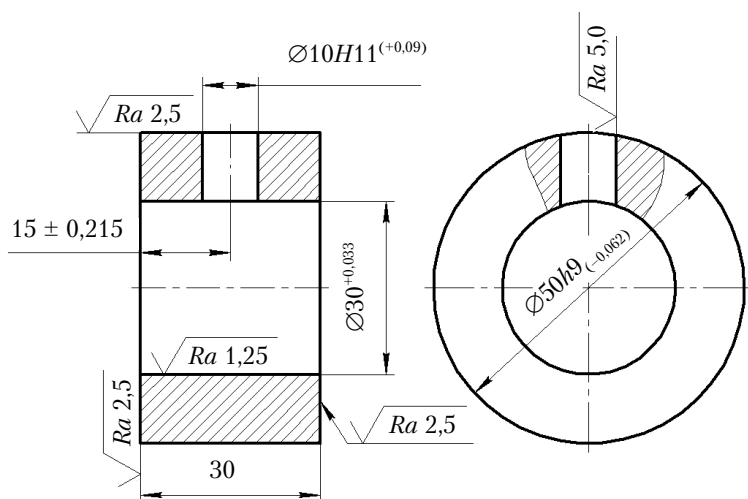


Рис. 5.1. Чертеж детали

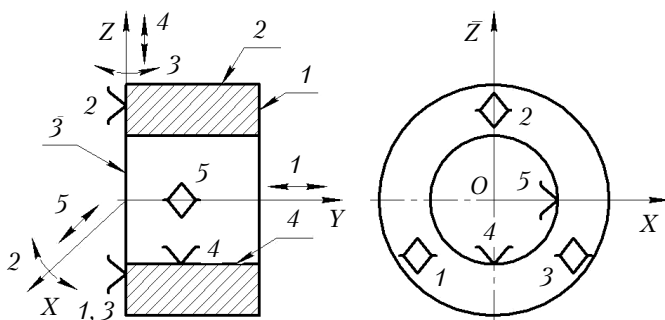
### 6.1. Разработка теоретической схемы базирования.

Рассмотрев поверхности, которые могут быть приняты за технологические базы (см. рис. 5.1), видим, что имеем две плоские (торцевые) поверхности в виде колец и две цилиндрические поверхности, одна — наружная  $\varnothing 50_{-0,062}$ , а другая — внутренняя  $\varnothing 30^{+0,033}$ . Учитывая, что конструкторской размерной базой при определении расположения обрабатываемого отверстия является левый торец

детали (размер  $15 \pm 0,215$ ), данную поверхность, выполняя принцип совмещения баз, целесообразно принять в качестве установочной базы. Эта база лишает заготовку трех степеней свободы (рис. 5.2): перемещения вдоль оси  $Y$  (опорная точка 1) и поворотов вокруг осей  $X$  и  $Z$  (опорные точки 2, 3).

В качестве второй базовой поверхности выбираем поверхность цилиндрического отверстия  $\varnothing 30^{+0,033}$ , которая, имея соотношение  $\frac{\ell}{d} < 1$ , может быть двойной опорной базой и лишать заготовку перемещения вдоль осей  $Z$  и  $X$  (опорные точки 4, 5).

Так как положение обрабатываемого отверстия не задано в угловом направлении относительно оси  $Y$ , определять положение детали в этом направлении при базировании не требуется, т.е. можно использовать неполную схему базирования. Таким образом, заготовку необходимо лишить пяти степеней свободы, что снижает стоимость приспособления. На рис. 5.2 приведена разработанная теоретическая схема базирования кольца при обработке отверстия.

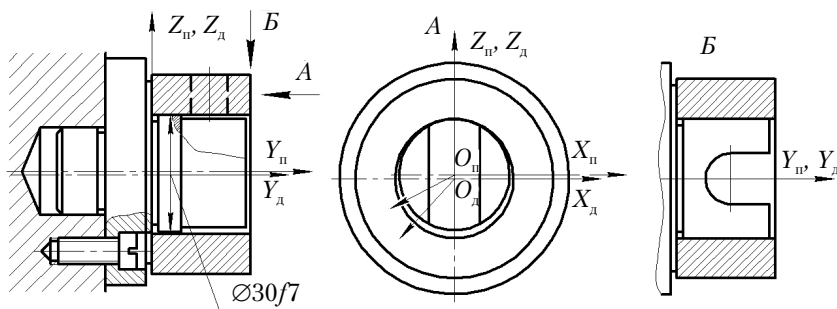


**Рис. 5.2.** Теоретическая схема базирования

## **6.2. Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов.**

Так как выбранный комплект баз состоит из короткой цилиндрической поверхности и перпендикулярной ее оси плоскости, при этом цилиндрическая поверхность внутренняя, является двойной опорной базой, и торцевая поверхность обработана, то применяем установочные элементы в виде пальца с буртом или пальца с тремя опорами с плоской головкой. Выбираем палец с буртом, так как масса и габаритные размеры заготовки невелики. На рис. 5.3 показана установка заготовки на выбранный установочный элемент с указанием системы координат установочного элемента (пальца)  $X_n O_n Y_n Z_n$  и системы координат ТБ заготовки  $X_d O_d Y_d Z_d$ .

Конструкция пальца с буртиком нестандартная, так как в пальце необходимо сделать паз шириной больше диаметра обрабатываемого отверстия для прохода инструмента и отвода стружки. Палец имеет базирующую ножку, которая входит в отверстие корпуса. Крепление пальца к корпусу производится винтами, через отверстия, которые сделаны в буртике. Диаметр пальца —  $\varnothing 30f7$ .



**Рис. 5.3.** Разработка конструкции установочных элементов и схема установки

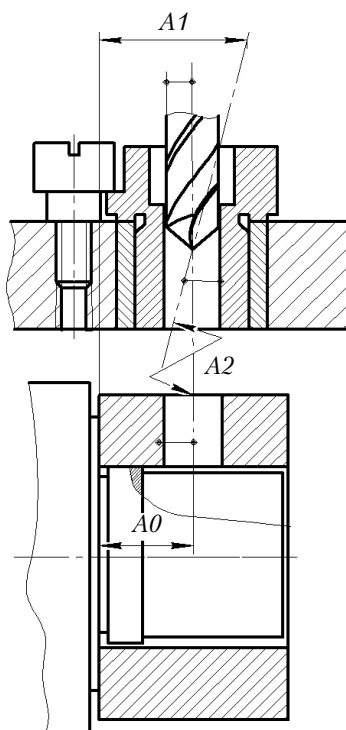
### **6.3. Расчет погрешности обработки.**

При проектировании сверлильных приспособлений следует учитывать что погрешности, возникающие при обработке, связаны не только с погрешностями базирования заготовки, но и с погрешностями положения инструмента относительно установочных элементов. Поэтому в конструкцию приспособления вводим кондукторные втулки, назначением которых является определение положения и направление сверла. Погрешность обработки при обеспечении размера  $15 \pm 0,215$  определим методом решения технологической размерной цепи (рис. 5.4).

Так как при сверлении отверстия необходимо выдержать размер до оси отверстия от торца детали, который является и технологической, и размерной базой, а следовательно, погрешности базирования не будет, то в размерную цепь войдут лишь звенья, определяющие положение инструмента, относительно установочного элемента (буртика пальца). На рис. 5.4. показана размерная цепь, для решения которой составлена табл. 5.1.

1. Проверим правильность назначения номинальных размеров составляющих звеньев по уравнению номиналов (5.1).

$$A_0 = \sum_{i=1}^2 \xi_i \cdot A_i \quad A_0 = (+1) \cdot 15 + (+1) \cdot 0 = 15.$$



**Рис. 5.4.** Выбор конструкции элементов для определения положения и направления инструмента. Выявление технологической размерной цепи

Номиналы составляющих звеньев размерной цепи (РЦ) назначены верно.

Таблица 5.1

**Звенья размерной цепи**

№ п/п	Физическая сущность звена	Обозна- чение	Переда- точное отно- шение	Размер, А	Допуск, ТА	Коорди- ната, $E_0A$
1	Расстояние от оси обрабатываемого отверстия до торца детали (конструкторской размерной базы)	$A_0$	—	$15 \pm 0,215$	0,43	0

№ п/п	Физическая сущность звена	Обозна- чение	Переда- точное отно- шение	Размер, А	Допуск, ТА	Коорди- ната, Е <sub>0</sub> А
2	Расстояние от буртика пальца до оси отверстия в кон- дукторной втулке	A <sub>1</sub>	+1	15 ± 0,0215	0,043	0
3	Допустимая несоосность режущего ин- струмента и от- верстия кондук- торной втулки	A <sub>2</sub>	+1	0 ± 0,043	0,086	0

2. Проверим правильность назначения допусков составляющих звеньев по уравнению допусков (5.2). Для этого определим допуски составляющих звеньев по ГОСТам и нормативной литературе. Допуск на расстояние от торца заготовки до оси обрабатываемого отверстия ( $TA_0 = 0,43$ ) обеспечивается работой всей технологической системы, поэтому часть допуска, приходящуюся на компенсацию погрешностей, возникающих в подсистеме «Приспособление» рекомендуется брать 30–50%  $TA_0$ , т.е.  $TA_0 = 0,3 \cdot TA_0 = 0,3 \cdot 0,43 = 0,129$  мм, что соответствует 11-му качеству точности. Поэтому для звена  $A_1$  принимаем допуск по 9-му качеству —  $TA_1 = 0,043$  мм.

Для определения допуска на звено  $A_2$  необходимо определить допуски на диаметры сверла и отверстия в кондукторной втулке. Для сверления отверстий до 14-го качества точности используются сверла класса точности В1 (ГОСТ 2034–80) с полем допуска диаметров режущей части, измеренным в начале рабочей части —  $h8$ , т.е. 0,022 мм. Размер отверстия в кондукторной втулке по  $F7 - 10^{+0,028}_{+0,013}$  мм. Следовательно, допуск звена  $A_2 - TA_2 = +0,028 - (-0,022) = 0,05$  мм. Тогда производственный допуск звена  $TA_0'$ :

$$TA_0' = (+1) \cdot 0,043 + (+1) \cdot 0,05 = 0,093 \leq TA_0 = 0,129 \text{ мм.}$$

Таким образом,  $0,093 < 0,129$  мм, следовательно, погрешность обработки, связанная с приспособлением, составляет 21,6% допуска на формируемый размер, что соответствует рекомендациям, приведенным в нормативной литературе.



3. Координата середины поля допуска замыкающего звена (5.3) равна  $E_c A_0 = 0$ , так как координаты составляющих звеньев также равны нулю, а передаточные отношения звеньев по модулю также равны нулю.

### **Практическая работа № 2 «Определение величины силы зажима заготовки»**

#### **1. Цели практической работы:**

- закрепление теоретического материала по определению силы зажима заготовки в зависимости от схемы ее установки;
- приобретение практических навыков составления схемы действия сил при закреплении заготовки и расчета минимально необходимой силы зажима (закрепления) заготовки;
- подготовка студентов к самостоятельной работе при выполнении отдельных разделов курсовых и дипломных работ.

#### **2. Средства достижения целей практической работы:**

- разъяснение преподавателем общей методики расчета минимально необходимой силы зажима приспособлении; пояснение сопровождается рассмотрением соответствующих примеров. При выполнении практической работы приобретаются практические навыки поиска необходимой информации и ее анализа;
- самостоятельное решение студентом поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием.

#### **3. Исходные данные для проведения работы:**

- схема установки заготовки в приспособлении, выполненная в практической работе № 1;
- величины (при отсутствии таковых в технологических картах — исходные данные для расчета сил и моментов резания), направления и точки приложения сил и моментов резания, возникающих при обработке;
- схема закрепления заготовки, т.е. направление и точка приложения зажимной силы;
- тип (модель) оборудования и инструмента, режимы резания (силы и моменты), с которыми будет производиться обработка.

#### **4. Методика проведения работы.**

Задача, которую должен решить студент в ходе выполнения этой работы, может быть сформулирована, например, следующим образом: «Построить схему сил, действующих на заготовку в процессе обработки отверстия Ø25H8 (плоскости, паза, лыски...) и рассчитать минимально необходимую силу зажима заготовки, обеспечивающую неизменность ее положения, достигнутого при базировании».

Решение данной задачи сводится к следующему:

- определение самой неблагоприятной точки приложения сил и моментов резания (силы и моменты резания при данной установке оказывают наибольшее смещающее действие);
- построение схемы разложения сил резания;
- определение величины составляющих сил резания;
- определение коэффициента запаса  $K$ ;
- выбор направления и точки приложения силы зажима  $Q$ ;
- построение полной схемы действия сил и моментов, действующих на заготовку (силы и моменты резания и зажима);
- расчет величины силы зажима  $Q$ .

#### ***4.1. Построение схемы разложения сил и определение величины составляющих сил резания.***

Как известно, силы, возникающие при резании, практически всегда можно разложить по трем координатам на:  $P_z$  — тангенциальную составляющую,  $P_y$  — радиальную и  $P_x$  — осевую (силу подачи). Эти силы действуют на обрабатываемую заготовку и стремятся нарушить ее положение, достигнутое при базировании (что недопустимо). Величина сил резания, соотношение их составляющих зависит от многих факторов: вида обработки; материала обрабатываемой заготовки и его физико-механических свойств; материала и геометрии режущей части инструмента; глубины резания; подачи; требуемой шероховатости поверхности и многих других факторов. Взяв из задания на проектирование приспособления величины сил и моментов резания типовую конструкцию инструмента для выполнения заданной операции, необходимо построить схему разложения сил и моментов резания (с использованием положений теоретической механики) и определить величины составляющих сил (с использованием положений теории резания).

#### ***4.2. Определение коэффициента запаса $K$ .***

Так как силы и моменты резания рассчитываются по зависимостям теории резания, которые не учитывают нестабильность этих сил и ряд отклонений их величины, возникающих при обработке и могущих привести к значительному увеличению этих сил и моментов, то необходимо рассчитать величину коэффициента запаса  $K$ . Введение в расчеты коэффициента запаса  $K$  предупреждает возможные аварии при обработке заготовок. Коэффициент  $K$  рассчитывается применительно к конкретным условиям обработки по зависимости (3.22). Если в результате расчета значение коэффициента запаса окажется меньше 2,5, то его принимают равной этой величине.

#### **4.3. Определение самой неблагоприятной точки приложения сил и моментов резания.**

Для выполнения этого этапа необходимо сделать копию эскиза установки заготовки на установочных элементах, вычертить условно инструмент и по эскизу определить, в какой точке обрабатываемой поверхности силы резания будут оказывать максимальное сдвигающее, опрокидывающее или проворачивающее воздействие на заготовку. В некоторых случаях ответ очевиден, например, при сверлении, в некоторых необходимо провести определенный анализ, как, например, при растачивании нецентрального отверстия в детали и т.п.

Далее в выявленную точку поместить все составляющие сил резания (моментов резания). Следует помнить при рассмотрении сил, действующих на заготовку, направление их действия, в соответствии с поставленной задачей, должно быть направленным на заготовку.

#### **4.4. Выбор направления зажимной силы $Q$ .**

При выборе направления зажимной силы необходимо руководствоваться рядом правил, которые обеспечивают неизменность положения заготовки в приспособлении при обработке. Соблюсти все правила обычно невозможно, поэтому в каждом случае необходимо тщательно рассматривать их применимость в каждом конкретном случае. Перечислим упомянутые выше правила.

- Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов, чтобы обеспечить контакт с ними технологической базы заготовки.
- При базировании по нескольким базовым поверхностям сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.
- Направление силы зажима должно совпадать с направлением действия массы заготовки (особенно при обработке тяжелых заготовок).
- Направление силы зажима должно совпадать с направлением действия силы резания.
- Силы зажима по возможности не должны действовать против сил резания.

Как уже указывалось, выбрать направление силы зажима, удовлетворяющее всем изложенным правилам, редко возможно. Нужно искать оптимальное решение. При обработке легких заготовок в первую очередь следует учитывать силы резания, а при обработке тяжелых заготовок — их массу. Выбору рационального направления силы зажима способствует введение упоров в силовую

схему закрепления заготовки. Упоры воспринимают действующие на заготовку силы, что позволяет уменьшить необходимую величину силы зажима или изменить ее направление.

#### ***4.5. Построение полной схемы действия сил и моментов, действующих на заготовку (силы и моменты резания и зажима).***

При выборе точки приложения зажимной силы необходимо ориентироваться на следующие правила.

- Сила зажима не должна опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам.
- Сила зажима с реакциями опор не должна создавать изгибающих моментов во избежание деформации заготовки.
- Точка приложения силы зажима должна быть расположена ближе к месту обработки особенно при обработке нежестких заготовок.

Чтобы выполнить первое требование, необходимо точку приложения зажимной силы выбирать на поверхности заготовки параллельной установочным элементам и так, чтобы эта точка проектировалась на установочный элемент. Нельзя выбирать такую точку на поверхности, расположенной под углом к плоскости установочных элементов, так как в этом случае зажимная сила будет сдвигать заготовку. Кроме этого, при установке заготовки на три опоры точка приложения силы зажима должна проектироваться в зону, образованную условными линиями, соединяющими опорные точки, расположенные на ТБ заготовки в приспособлении. Чтобы выбрать точку приложения зажимной силы, удовлетворяющей первому и второму требованию, часто приходится зажим заготовки осуществлять в нескольких точках.

На эскизе должны быть показаны направление и точка приложения зажимной силы. Так как, кроме перечисленных сил, на заготовку действуют еще и реакции опор, возникающие от действия сил (моментов) резания и сил зажима, силы трения и моменты трения, препятствующие смещению заготовки, то их тоже следует нанести на схему. При необходимости в схему действия сил вносится масса заготовки.

Построенная таким образом схема должна подвергнуться тщательному анализу. Особо обратить внимание на положение самой неблагоприятной точки приложения сил и моментов резания. Возможно, выбор точки и направления приложения сил зажима приведет к изменению положения ранее выбранной самой неблагоприятной точки приложения сил резания. В этом случае нужно провести корректировку расчетной схемы действия сил и выбрать новую самую неблагоприятную точку.

#### **4.6. Расчет величины силы зажима $Q$ .**

Расчет сил зажима является очень важным при проектировании приспособлений, так как силы зажима должны быть гарантом безопасности работы приспособления. Кроме этого, величина силы зажима являются исходными данными для проектирования зажимных механизмов и силовых приводов.

Анализируя схему действия всех сил на заготовку, нужно выяснить, как каждая составляющая сил резания или моментов действует на заготовку, какие движения они ей могут передать, и какие силы будут противодействовать этому. На заготовку действуют и силы резания и моменты, и силы зажима, реакции опор, силы трения, масса, моменты трения, которые противодействуют нарушению равновесия заготовки. Для подготовки к составлению уравнений равновесия заготовки необходимо обозначить те точки или оси, относительно которых заготовка будет вращаться или проворачиваться, и указать все плечи, на каких будут действовать силы, образующие моменты, сдвигающие или опрокидывающие заготовку.

Для определения сил зажима необходимо составить уравнения равновесия заготовки под действием все приложенных к ней сил. Составляют их как сумму либо проекций сил на оси координат, либо моментов относительно каких-либо точек или осей поворотов. В уравнениях равновесия сумма всех сил или моментов приравняется нулю. В уравнениях все силы и моменты резания необходимо умножить на коэффициент запаса  $K$ .

Решение уравнений равновесия нужно начинать с определения величины реакций опор, т.е. с проекций действующих сил на оси координат. Затем выяснить, каким перемещениям они будут противодействовать: если смещению — то определить силы трения, если провороту или вращению — то моменты сил трения. Далее необходимо выбрать величины коэффициентов трения для определения сил трения (если они возникают) в зависимости от состояния поверхности заготовки. Затем определяют все размеры плеч, на которых будут действовать силы, образующие моменты.

В результате решения уравнений равновесия получаем силу зажима  $Q$ , которая обеспечит неизменность положения заготовки при действии всех возникающих в процессе обработки сил и моментов.

При многоинструментной обработке возможны случаи, когда трудно сразу определить, какой расклад сил от различных инструментов будет самым неблагоприятным при обработке заготовки. В таких условиях возможно рассмотрение нескольких вари-

антов, и выбирают тот вариант, который требует наибольшей величины силы зажима.

## 5. Пример выполнения практической работы.

Исходными данными для определения силы зажима являются:

- схема установки заготовки, разработанная в практической работе № 1;
- данные по режимам резания, приведенные в задании:  $M_{кр.} = 8,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $P_0 = 1274,4 \text{ Н}$ .

### 5.1. Построение схемы разложения сил и определение величины составляющих сил резания.

По аналогии с течением силы, возникающие при сверлении, можно разложить на составляющие  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ , каждая из которых может по-разному влиять на положение заготовки. Схема разложения сил показана на рис. 5.5.

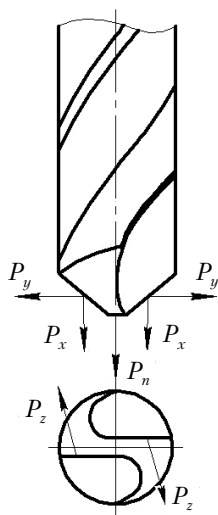


Рис. 5.5. Схема разложения сил при сверлении

Силы, приложенные к заготовке, стремятся нарушить положение заготовки, достигнутое при базировании. При правильной заточке сверла силы  $P_y$  уравниваются друг друга и обычно в расчет не берутся. Поэтому осевая сила, действующая на заготовку, равна  $P_0 = 2 P_x + P_{п}$ , где  $P_{п}$  — сила на перемычке сверла, а  $P_x$  — на режущих кромках. Силы  $P_z$  создают крутящий момент, который стремится повернуть заготовку вокруг оси инструмента. В случае, если в задании не указаны силы резания, их необходимо рассчитать.

### 5.2. Определение коэффициента запаса К.

Так как формулы для расчетов режимов резания не учитывают самых неблагоприятных моментов, влияющих на величины сил и моментов резания, то для обеспечения безопасности работы рассчитываем величину коэффициента запаса К по зависимости.

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

Учитывая конкретные условия обработки, в соответствии с рекомендациями принимаем  $K_0 = 1,5$ ;  $K_1 = 1$ ;  $K_2 = 1,15$ ;  $K_3 = 1$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_5 = 1$ ;  $K_6 = 1,5$ . Следовательно,

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,5 = 2,59.$$

### 5.3. Определение самой неблагоприятной точки приложения сил и моментов резания.

На рис. 5.6 приведена схема действия сил на заготовку при сверлении отверстия. Из схемы видно, что осевая сила  $P_0$  действует на заготовку сверху вниз, стремясь опрокинуть ее относительно точки «А» контакта заготовки и буртика (точка, где кончается контакт базового торца заготовки с установочным элементом). Точка приложения силы  $P_0$  расположена на оси I—I заготовки. Поэтому проворота заготовки относительно оси базового отверстия не будет. Момент  $M_{кр.}$ , возникающий при сверлении, стремится также опрокинуть заготовку, но уже относительно точки «В».

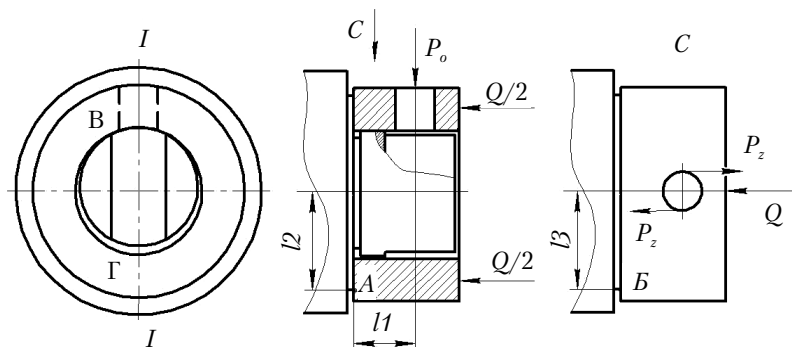


Рис. 5.6. Схема действия сил для расчета силы зажима

### 5.4. Выбор направления зажимной силы Q.

В соответствии с правилами выбора направления силы зажима Q направляем ее перпендикулярно установочной базе, как имеющей наибольшую площадь контакта заготовки с установочным эле-

ментом — буртиком пальца. Так как заготовка представляет собой полый цилиндр, точки приложения сил зажима принимаем в двух местах, расположенных по оси  $I-I$  в точках «В» и «Г», проектирующихся на опорный буртик установочного элемента. В этом случае опрокидыванию заготовки под действием  $P_0$  и  $M_{кр.}$  противодействуют моменты, создаваемые силой зажима  $Q$ .

### **5.5. Построение полной схемы действия сил и моментов, действующих на заготовку (силы и моменты резания и зажима).**

Наносим на схему осевую силу резания  $P_0$  и момент резания  $M_{кр.}$ , а также силу зажима  $Q$ . Для упрощения расчетов силы зажима, прикладываемые в двух точках, приводим к одной равнодействующей и помещаем ее в центре заготовки (рис. 5.6). Выявляем и наносим на схему плечи действия сил  $l_1, l_2, l_3$ . Определяем величину плеч действия сил (в метрах):  $l_1 = 0,015, l_2 = 0,023, l_3 = 0,023$ .

### **5.6. Расчет величины силы зажима $Q$ .**

Анализируя схему действия сил, видим, что в противодействии силам  $P_0$  и  $M_{кр.}$  участвует только сила зажима  $Q$ , создавая моменты относительно точек «А» и «Б». Составим два уравнения равновесия моментов относительно точек «А» и «Б», из которых определим величины сил зажима, требующихся для обеспечения равновесия заготовки. Так как из двух уравнений мы получим разные величины силы зажима и в дальнейшем их сложим, то в первом уравнении силу зажима обозначим  $Q_1$ , а во втором —  $Q_2$ .

1. Уравнения равновесия моментов при действии силы  $P_0$ :

$$\sum M_A K \cdot P_0 \cdot l_1 - Q_1 \cdot l_2 = 0 \quad Q_1 = \frac{K \cdot P_0 \cdot l_1}{l_2},$$

где  $l_1, l_2$  — плечи, на которых действуют силы  $P_0$  и  $Q_1$ ;

2. Уравнение равновесия при действии  $M_{кр.}$ . Для составления этого уравнения приводим  $M_{кр.}$  в точку «Б» (величина  $M_{кр.}$  при этом не меняется).

$$\sum M_B K \cdot M_{кр.} - Q_2 \cdot l_3 = 0 \quad Q_2 = \frac{K \cdot M_{кр.}}{l_3},$$

где  $l_3$  — плечо, на котором действует сила  $Q_2$ .

Для обеспечения необходимой силы зажима необходимо сложить силы  $Q_1$  и  $Q_2$ .

$$Q = Q_1 + Q_2,$$



или

$$Q = \frac{K \cdot P_0 \cdot l_1}{l_2} + \frac{K \cdot M_{кр.}}{l_3}.$$

Подставляя в эту зависимость численные значения коэффициента запаса  $K$ , плеч действия сил,  $P_0$  и  $M_{кр.}$ , получаем:

$$Q = \frac{2,59 \cdot 1274,4 \cdot 0,015}{0,023} + \frac{2,59 \cdot 8,75}{0,023} = 3138 \text{ Н.}$$

### ***Практическая работа № 3. «Выбор конструкции и расчет параметров зажимных механизмов и силовых приводов»***

#### **1. Цель работы:**

- закрепление теоретического материала по теме практического занятия;
- приобретение практических навыков выбора конструкции зажимного механизма, определения расчетных параметров для выбранной конструкции зажимного механизма и расчета их численных значений;
- приобретение практических навыков выбора силового привода приспособления для выбранной конструкции зажимного механизма и расчета его параметров;
- подготовка студентов к самостоятельной работе при выполнении отдельных разделов курсовых и дипломных работ.

#### **2. Средства достижения целей практической работы:**

- разъяснение преподавателем алгоритма выбора зажимного механизма и соответствующего силового привода, а также общей методики расчета их параметров; пояснение сопровождается рассмотрением соответствующих примеров. При выполнении практической работы приобретаются практические навыки поиска необходимой информации и ее анализа;
- самостоятельное решение студентом поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием.

#### **3. Исходные данные для проведения работы:**

- направление действия, точка приложения и минимально необходимая сила зажима заготовки, полученные в результате выполнения практических работ № 1 и 2;
- данные из задания на проектирование приспособления, касающиеся характера обработки, которой подвергается заготовка, станка, инструмента, типа производства или производительности операции.

## **4. Методика проведения работы.**

### **4.1. Выбор конструкции зажимного механизма.**

Проанализировав схему действия сил, исходные данные и требования, предъявляемые к зажимным механизмам, выбрать тип конструкции зажимного механизма и обосновать свой выбор.

Каждый тип зажимного механизма сопровождается сведениями о наиболее распространенной области применения этих механизмов (сведения о зажимных механизмах приведены в пункте 3.2.3). В выше представлены рекомендации, в каких приспособлениях лучше применять такие механизмы, было указано, каковы их достоинства и недостатки, при каком типе производства они наиболее экономичны. Поэтому предварительно выбирается тип зажимного устройства.

Направление действия силы зажима и точки ее приложения влияет на положение зажимного механизма. Тогда далее на основе разработанной схемы действия сил необходимо выбрать конструкцию и разместить элементы зажимного механизма так, чтобы они не мешали перемещению обрабатываемого инструмента, а также установке и снятию заготовки. Выбирая конструкцию зажимного механизма, нужно учитывать необходимость размещения силового привода так, чтобы расположение зажимного механизма позволило расположить его поблизости от зажимного. Если привод будет ручной, то, следовательно, необходимо предусмотреть свободу и безопасность перемещения руки рабочего, если механизированный, то в каком направлении целесообразно с привода передавать силу на зажимной механизм.

### **4.2. Разработка эскиза зажима заготовки.**

Выбрав конструкцию зажимного механизма, необходимо разместить его на разработанном ранее эскизе установки заготовки и привести на нем разработанную в практических работах № 1 и № 2 схему действия сил. Зажимной механизм вычерчивается на схеме с таким расчетом, чтобы его рабочая часть и точка приложения силы зажима соответствовали схеме действия сил. Остальные части зажимного механизма вычерчиваются с показом тех частей корпуса приспособления (или другого элемента), которые будут определять местоположение зажимного механизма в приспособлении.

Эскиз зажима заготовки должен быть сделан в двух, а при необходимости и в трех проекциях. На эскизе заготовка должна быть показана в зажатом состоянии. Элементы зажимных механизмов вычерчиваются в таком же масштабе, в каком вычерчены заготовка и установочные элементы. Сам зажимной механизм должен быть ориентирован относительно корпуса, к которому он будет прикреплен.

#### **4.3. Выбор конструктивно-размерных параметров зажимного механизма. Расчет тяговой силы привода.**

Выбрав тип конструкции зажимного механизма, необходимо назначить (или определить, или рассчитать) все параметры, которые будут определять передаточное отношение механизма зажима. К таковым относятся диаметры, радиусы, расстояния между осями, углы, линейные размеры, углы трения или коэффициенты трения и др. При использовании ручных зажимов усилие руки рабочего не должно превышать 147 Н (15 кг).

Выбрав конструкцию и все конструктивно-размерные параметры зажимного механизма, нужно составить уравнение, связывавшее силу зажима  $Q$  и силу  $W$ , развиваемую приводом, которая должна обеспечить необходимую силу зажима с учетом передаточного отношения зажимного механизма. Это уравнение необходимо разрешить относительно силы  $W$ , так как величина  $Q$  уже определена в практической работе № 2.

#### **4.4. Выбор силового привода. Расчет параметров привода.**

Основным назначением привода в приспособлении является создание исходной силы тяги  $W$ . Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую. Характеристика различных типов приводов с указанием области их применения приведена выше в главе 3.4.

На выбор типа силового привода влияет большое количество факторов, например: серийность производства; требуемая производительность; возможность использования в приспособлении силовой энергии станка (наличие гидравлики в станке); возможность использования перемещений или вращений рабочих органов станка для зажима заготовки; величина и направление силы привода; целесообразная схема компоновки привода с зажимным механизмом и корпусом приспособления. Значение имеет и такой фактор, как необходимость использования энергии привода на обратный ход, и многие другие. На выбор конструкции привода влияет также требуемая величина хода привода, чтобы обеспечить передаточное отношение перемещений  $i_n$  зажимного механизма. Выбор той или иной конструкции необходимо обосновать и показать, какие факторы были положены в основу выбора конструкции привода.

Для каждого типа конструкции силового привода в справочной литературе приводятся зависимости для расчета (или определения) тяговой силы  $W$ . Так как необходимая сила  $W$  уже известна, пользуясь этими зависимостями, можно рассчитать основные параметры привода. Полученные результаты нужно скорректировать по соответствующим ГОСТам.

При проектировании приспособлений с ручным зажимом необходимо, задавшись усилием руки рабочего и длиной рукоятки зажимного механизма, рассчитать конструктивные размеры элемента зажима, преобразующего энергию руки рабочего в зажимную силу (параметры резьбы винтового зажима, размеры и углы эксцентрика и др.).

#### ***4.5. Разработка эскиза расположения привода.***

На эскизе, выполненном в п. 4.2 данной практической работы, нужно вычертить привод. На эскизе привод должен быть сориентирован как по отношению к зажимному механизму, так и по отношению к корпусу приспособления, к которому он будет крепиться.

### **5. Пример выбора конструкции и расчета параметров зажимных механизмов и силовых приводов.**

Исходными данными для выбора конструкции и расчета параметров зажимных механизмов и силовых приводов являются:

- теоретическая схема базирования, разработанная в практической работе № 1;
- величины, направления и точки приложения сил резания и сил зажима, определенные в практической работе № 2.

Выполнение практической работы.

#### ***5.1. Выбор конструкции зажимного механизма.***

Анализируя схему установки заготовки в приспособлении, выбранные установочные элементы, а также схему действия сил при обработке заготовки, с учетом рекомендаций, изложенных в разделе 3.2.3 теоретической части, выбираем для зажима заготовки рычажный механизм. Такой выбор обосновывается тем, что для установки заготовки применяется палец, имеющий достаточно большую длину цилиндрической части. Такая длина пальца понадобилась в связи с тем, что при обработке отверстия на вертикально-сверлильном станке ось установочного пальца должна располагаться горизонтально, и очень короткий палец не сможет противодействовать соскальзыванию заготовки с пальца при установке. Чтобы удержать заготовку при зажиме рабочему пришлось бы придерживать заготовку рукой, что приведет к снижению производительности. Применение удлиненного пальца обеспечивает базирование по узкому пояску, а остальная длина пальца будет удерживать заготовку от падения. Такой палец не мешает базированию, так как на длине пальца от базирующей ленточки до конца сделан паз (см. сечение I–I, рис. 5.6.) для прохода инструмента и стружки.

#### ***5.2. Разработка эскиза зажима заготовки.***

Разрабатывая эскиз зажимного механизма, мы должны исходить из того, что наш зажимной механизм, его элементы, которые

касаются заготовки при зажиме, не должны находиться в зоне установки заготовки. Механизм должен на это время отводиться, обеспечивая свободный доступ к установочным элементам. Применение простейшего двуплечего рычага для зажима заготовки требует ручного отвода рычага из рабочей зоны, что влечет за собой увеличение вспомогательного времени. Поэтому проектируем рычажный зажимной механизм, который выводится и подводится к заготовке одновременно с зажимом. На рис. 5.7. показан эскиз такого механизма.

Механизм состоит из трех рычагов (см. рис. 5.7):

- рычаг 1 (основной), который шарнирно прикреплен к проушине корпуса приспособления 6 и служит для отвода зажимного механизма из рабочей зоны при откреплении заготовки;
- рычаг 2, который шарнирно связан с основным рычагом 1 и с тягой привода 5;
- рычаг 3, который также шарнирно связан с основным рычагом 1 и обеспечивает равномерный зажим заготовки 4 в двух точках.

Для открепления обработанной детали тягу 5 необходимо переместить вправо. При этом рычаг 2 поворачивается на шарнирных опорах и, соответственно, поворачивает рычаг 1 вокруг оси, установленной в отверстиях вилки 6 корпуса приспособления. За счет этого конец рычага 1 с установленным в нем на оси прижимным рычагом 3 выводятся из рабочей зоны, и деталь открепляется.

### **5.3. Выбор конструктивно-размерных параметров зажимного механизма и расчет тяговой силы привода.**

Для определения минимально необходимой силы  $W$ , развиваемой приводом для зажима детали с расчетной силой, составим силовую схему зажимного рычажного механизма (рис. 5.8).

На основе схемы, представленной на рис. 5.8, составим уравнение, связывающее силу зажима  $Q$  с силой привода  $W$ .

$$\sum M_o = 0, \quad W \cdot \ell_1 - Q \cdot \ell_2 = 0,$$

Откуда

$$Q = W \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2},$$

где  $\frac{\ell_1}{\ell_2} = i_c$  — передаточное отношение зажимного механизма (рычага).

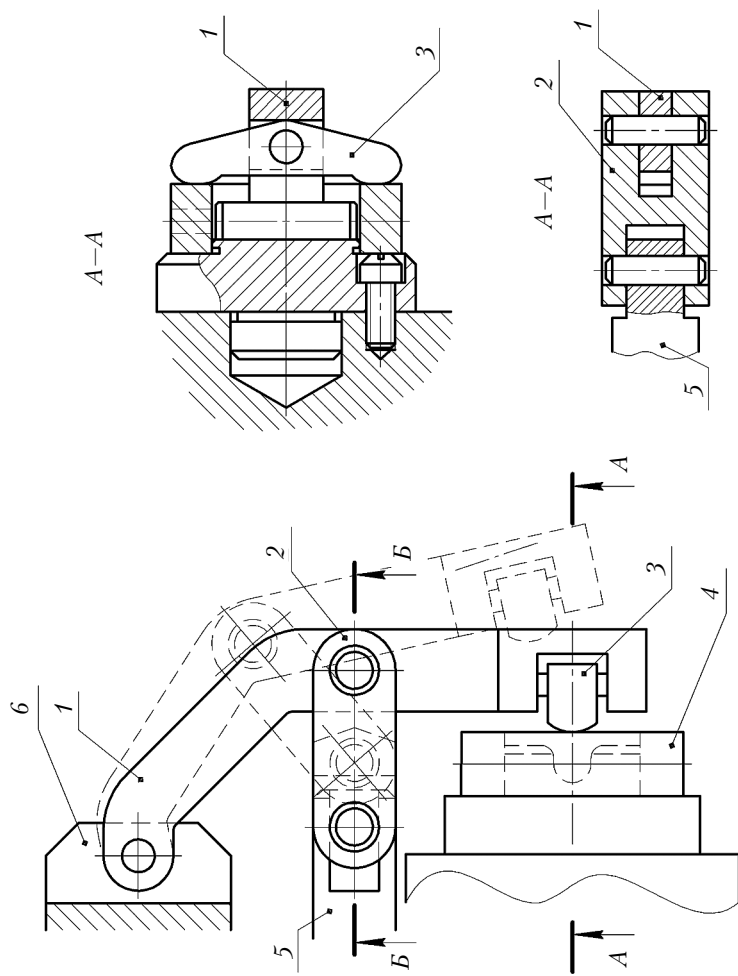
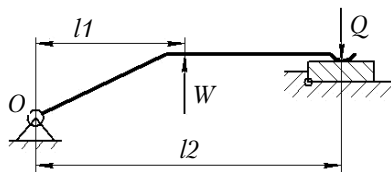


Рис. 5.7. Эскиз рычажного зажимного механизма



**Рис. 5.8.** Силевая схема рычага

Из конструктивных соображений принимаем  $i_c = 2$ . Отсюда получаем необходимую для обеспечения силы зажима тяговую силу, развиваемую приводом:

$$W = Q \cdot 2 = 1568 \cdot 2 = 3146 \text{ Н} = 314,6 \text{ кгс}.$$

Далее, учитывая размерные характеристики детали, необходимую величину отвода рычага из зоны установки заготовки, и также исходя из необходимости минимизировать металлоемкость приспособления, используя схему (см. рис. 5.7) назовим размеры плеч основного рычага  $l_1 = 126 \text{ мм}$  и  $l_2 = 63 \text{ мм}$ .

#### **5.4. Выбор силового привода. Расчет параметров привода.**

Для выбранной конструкции зажимного механизма, учитывая, что зажимной механизм должен выводиться из зоны установки заготовки за каждой деталью, выбираем в качестве привода пневматический цилиндр двухстороннего действия. При серийном производстве, малых габаритах деталей, небольших силах резания, простоте конструкции это самый подходящий привод. Кроме того, конструкция зажимного механизма не требует большого хода поршня, чтобы вывести рычаг из рабочей зоны. Следовательно, можно будет использовать стандартный пневмопривод.

Основным параметром пневматического привода является диаметр поршня  $D$  и давление воздуха в сети  $p$ . Давление воздуха в сети обычно  $p = 6\text{--}4 \text{ кг/см}^2$ . В расчеты рекомендуется брать  $p = 4 \text{ кг/см}^2$ .

Расчет диаметра поршня определяем из зависимости:

$$W = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta,$$

где  $d$  — диаметр штока = 3,2 см;  $\eta = 0,97$  — коэффициент полезного действия привода.

Тогда

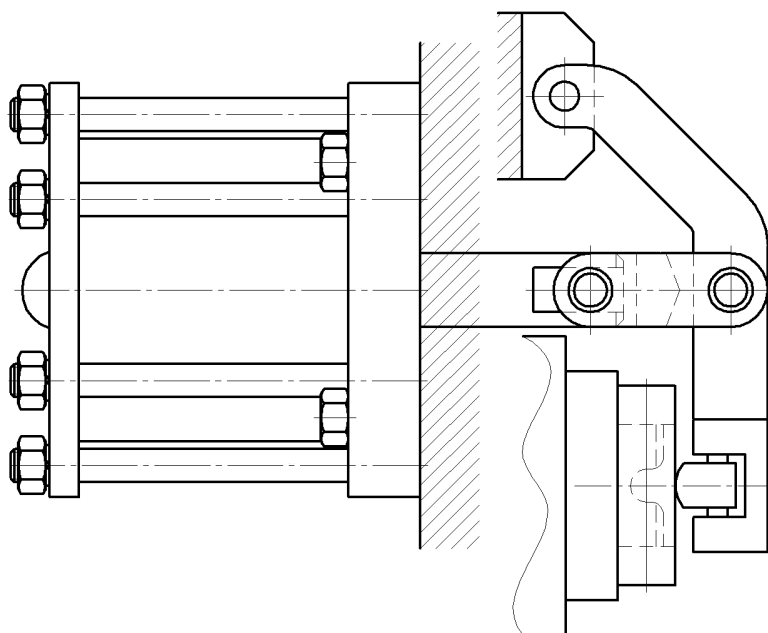
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot p_3} + d^2} \text{ мм.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 320}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,97} + 10,2^2} = 10,25 \text{ см} = 102,5 \text{ мм.}$$

По ГОСТу выбираем ближайший диаметр поршня равным 100 мм, учитывая, что коэффициент запаса К имеет значительную величину.

### **5.5. Разработка эскиза расположения привода.**

Для обеспечения направления силы зажима справа налево удобно расположить пневматический привод слева от заготовки. Выбираем стандартный привод, фланцевого типа, прикрепляемый к корпусу приспособления за фланец. Такой привод не будет мешать работе рычажного зажима при раскреплении заготовки. На рис. 5.9. показан эскиз расположения зажимного механизма и привода.



**Рис. 5.9.** Эскиз расположения зажимного механизма и привода



**Практическая работа № 4.**  
**«Разработка эскиза приспособления»**

**1. Цель работы:**

- закрепление теоретического материала по теме практического занятия;
- приобретение практических навыков разработки конструкции приспособления, определения размеров корпуса и других деталей вспомогательного назначения;
- подготовка студентов к самостоятельной работе при выполнении отдельных разделов курсовых и дипломных работ.

**2. Средства достижения целей практической работы:**

- разъяснение преподавателем последовательности построения эскиза конструкции приспособления. структуры его размерного описания; пояснение сопровождается рассмотрением соответствующих примеров;
- самостоятельное решение студентом поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием.

**3. Исходные данные для проведения работы:**

- эскиз расположения зажимного механизма и силового привода, полученные в результате выполнения практических работ № 3 и 4.

**4. Методика проведения работы.**

Разработка эскиза общего вида приспособления проводится методом последовательного нанесения отдельных его элементов вокруг контура заготовки. Сначала все выбранные элементы приспособления вычерчиваются вокруг трех (как правило) проекций заготовки. Затем вычерчивается корпус приспособления, который должен объединить все выбранные элементы в единую конструкцию.

**5. Последовательность выполнения работы.**

**5.1. Вычерчивание заготовки.**

Выполняется чертеж обрабатываемой заготовки, как правило, в трех проекциях на значительном расстоянии друг от друга с таким расчетом, чтобы вокруг проекций заготовки разместились проекции всего приспособления. Заготовка вычерчивается условными (цветными, чаще синими) линиями на той стадии обработки, на которой она попадает на данную операцию (заготовка для операции, на которую проектируется приспособление). Поверхности, которые должны быть обработаны на данной операции, указываются красным цветом.

### **5.2. Вычерчивание элементов приспособления для определения положения и направления инструментов.**

Элементы приспособления для определения положения и направления инструмента наносятся первыми на эскизе приспособления в том случае, если производится проектирование приспособления типа сверлильных или фрезерных, которые используются на универсальном оборудовании. Это связано с тем, что кондукторные втулки или установовы всегда находятся в строго определенном положении и месте приспособления. Изменить это положение невозможно. И если окажется, что они мешают каким-либо другим выбранным элементам приспособления, то придется менять положение других элементов, а может быть и их конструкцию. Конструкции и размеры кондукторных втулок (установов) нужно выбирать по соответствующим ГОСТам.

Установовы вычерчиваются на расстоянии толщины щупа от обрабатываемой поверхности. Кондукторные втулки вычерчивают на определенном расстоянии от заготовки, которое зависит от диаметра ( $d$ ) обрабатываемого отверстия и материала заготовки. Если материал заготовки при механической обработке дает сыпучую стружку, то это расстояние принимается равным  $(1/2 - 1/3) \cdot d$ , а если при обработке получается сливная стружка, то это расстояние равно  $d$ . Если кроме кондукторной втулки требуется еще и промежуточная втулка, то она тоже должна быть вычерчена. Одновременно с вычерчиванием кондукторной втулки наносится необходимая толщина стенки корпуса приспособления или кондукторной плиты в месте установки втулок.

В случае, если проектируемое приспособление не имеет кондукторных втулок или установов, то после п. 5.1 переходят к п. 5.3.

### **5.3. Вычерчивание установочных элементов.**

Вычерчивать установочные элементы необходимо так, чтобы базовые поверхности заготовки с ними соприкасались. Конструкции установочных элементов целесообразно брать по соответствующим ГОСТам и нормам. В случае если стандартные установочные элементы непригодны, проектируются специальные установочные элементы.

Установочные элементы располагаются в определенном положении и крепятся к корпусу приспособления, поэтому метод их установки и крепления должен быть показан. Причина в том, что установочные элементы являются быстроизнашиваемыми деталями, которые за срок службы приспособления (принят 3 года) могут несколько раз сменяться. Следовательно, они должны быть спроектированы и установлены так, чтобы приспособление было

ремонтопригодным, чтобы изношенные установочные элементы можно было легко снять и поставить новые.

Одновременно с вычерчиванием установочных элементов необходимо определить и контуры корпуса приспособления, способного расположить на себе эти установочные элементы.

#### ***5.4. Вычерчивание зажимных механизмов и приводов.***

Вычерчивая зажимные механизмы и привод, необходимо особое внимание обратить на удобство расположения их в приспособлении, на рациональное соединение их с корпусом. Если размещение элементов не обеспечивает рациональность конструкции корпуса, удобство и легкость обслуживания приспособления, возможны корректировка конструкции зажимного механизма и изменение расположения привода.

Выбирая тип привода, необходимо сразу выбрать и метод компоновки его с приспособлением. Приводы могут быть встроенными, сделанными заодно с корпусом, прикрепляемыми к корпусу приспособления, а могут быть агрегатированными, которые устанавливаются не на приспособление, а на стол станка. Такие приводы обслуживают группу приспособлений. Выбор метода компоновки привода с корпусом зависит от типа производства, требований к технологичности конструкции приспособления и его корпуса, компактности приспособления и др.

#### ***5.5. Оформление конструкции корпуса приспособления.***

Корпус является элементом, который объединяет в единую конструкцию отдельные части приспособления. На него монтируются установочные элементы, зажимные, элементы для определения положения и направления инструментов, силовые приводы, а также вспомогательные детали и механизмы. Корпус воспринимает все силы, возникающие при закреплении и обработке заготовки. Корпус должен быть прочным и жестким при возможно меньшей массе, удобным для очистки стружки и отвода смазывающе-охлаждающей жидкости.

Корпус должен обеспечивать:

- быструю и удобную установку и съем заготовок в приспособлении;
- установку и закрепление приспособления на станке без выверки;
- простоту и низкую стоимость изготовления;
- безопасность работы;
- устойчивое положение приспособления на станке.

Основные базы приспособления — поверхности корпуса, которые обеспечивают требуемую ориентацию приспособления относительно исполнительных органов станка. Чтобы разместить

на корпусе установочные элементы и элементы для определения положения и направления инструментов, корпус должен иметь соответствующие вспомогательные базы. Поэтому взаимное положение всех этих комплектов баз (в том числе и баз под зажимные механизмы и приводы) определяет конфигурацию, сложность и стоимость корпуса, а также оказывает влияние на точность обработки заготовки.

Для обеспечения устойчивости приспособления на столе станка основная база корпуса делается прерывистой, что позволяет уменьшить влияние макрогеометрии базовой плоскости корпуса и поверхности стола станка, а также уменьшить объем механической обработки корпуса. При проектировании приспособлений конфигурация и размеры основных баз корпуса должны соответствовать посадочным местам станка.

### **5.6. Описание работы приспособления.**

Выполнение этого пункта нужно начинать с формулировки служебного назначения приспособления с указанием основных параметров детали, которые должны быть достигнуты в результате обработки. Далее необходимо указать, на каком оборудовании и каким инструментом будет производиться обработка заготовки. Чтобы описать работу приспособления, необходимо проставить позиции на детали, которые входят в конструкцию и, описывая работу отдельных механизмов, называть каждую деталь механизма, ее позицию, движения (рабочие и холостые или вспомогательные), воздействие на другие детали и т.д.

Характеризуя базовые поверхности заготовки и установочные элементы для каждой базовой поверхности, следует указать, скольких и каких степеней свободы лишена заготовка каким установочным элементом. В случае если применяется неполное базирование, требуется обосновать правильность его применения.

Далее производится описание последовательности установки и закрепления заготовки в приспособление, а также установка и закрепление самого приспособления на станке.

### **6. Пример разработки эскиза приспособления.**

При разработке эскиза приспособления после выбора всех элементов (установочных, зажимных, привода...) их нужно расположить таким образом, чтобы они не мешали друг другу, обеспечивали бы свободную установку и снятие заготовки, свободное перемещение движущихся частей приспособления.

В соответствии с пунктом 5.5 выбираем заготовку корпуса. Так как точность обработки детали в приспособлении невелика и возможные деформации корпуса не окажут существенного влияния

на точность, выбираем сварной корпус, на котором механически обрабатываются вспомогательные базы под установку элементов приспособления и основные базы приспособления. В пользу такого выбора говорит и то, что изготовление сварного корпуса обеспечивает достаточно низкую трудоемкость его изготовления и стоимость.

В качестве основной базы корпуса принимаем нижнюю плоскость горизонтальной штаты, которой она устанавливается на стол станка. Конфигурация плиты должна обеспечивать устойчивое положение приспособления на столе станка, а также возможность крепления приспособления на столе станка. Для крепления приспособления на станке в плите выфрезерованы два паза, с помощью которых приспособление крепится к столу станка. Ширина пазов и их расположение соответствуют пазам стола станка. Для обеспечения устойчивости приспособления плита имеет прерывистость основной базы, что повышает устойчивость и уменьшает объем механической обработки опорных поверхностей.

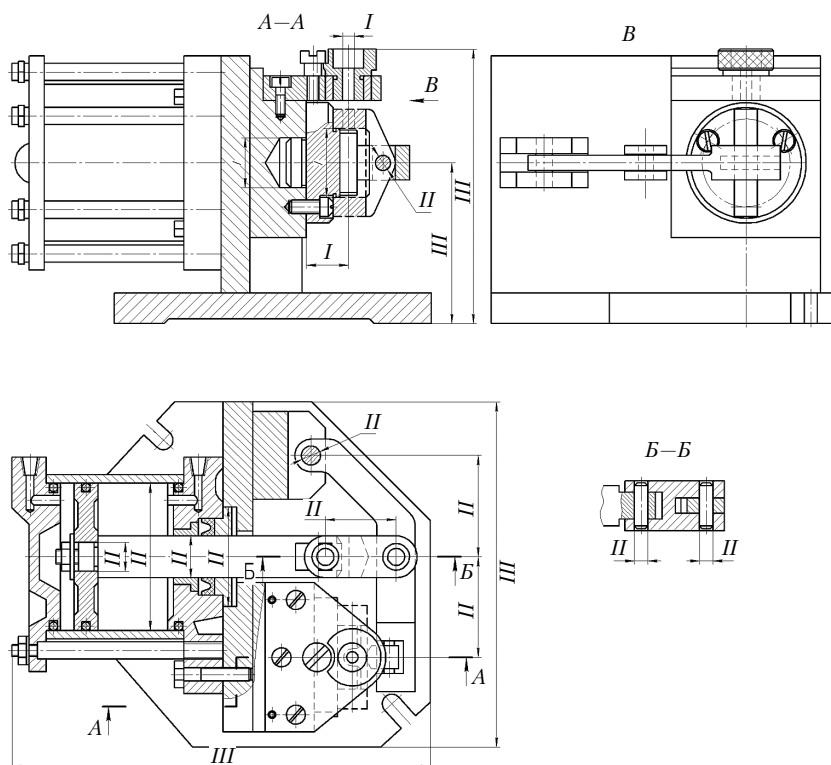
Для размещения установочных элементов, зажимного механизма и привода приспособления к нижней плите привариваем вертикальную стойку, на которой крепим все элементы приспособления. Для правильного расположения остальных механизмов к вертикальной стойке привариваются дополнительные плитки, которые увеличивают толщину стойки в зависимости от того, какой механизм прикрепляется. Это следующие механизмы:

- для крепления рычагов к плите рычажного зажимного механизма с соответствующем месте привариваем плитку, в которой выфрезеровываем две проушины: рычаг будет крепиться в них на оси;
- для установки кондукторной плиты требуется большая толщина стойки, так как кондукторная плита крепится на горизонтальной плоскости стойки. С этой целью привариваем дополнительную плиту, в которой обрабатываем два отверстия под штифты и три резьбовых отверстия под винты. Для определения положения кондукторной плиты используются два штифта, а для крепления — три винта;
- для установки пальца с буртом используем ту же дополнительную плиту, на которой закрепили кондукторную плиту, для этого обрабатываем в ней базирующее (точное) отверстие и три резьбовых отверстия под винты для установки и крепления пальца. Так как палец имеет паз для прохода сверла и просыпания стружки, ось этого паза должна быть параллельна оси обрабатываемого отверстия и симметрична относительно оси пальца. Для обеспечения этого требования линия, соединяющая

оси двух крепежных отверстий в буртике пальца и корпуса, должна быть перпендикулярна оси паза (оси обрабатываемого отверстия). Оси крепежных отверстий располагаются под углом  $120^\circ$ ;

- для установки привода (пневмоцилиндра фланцевого типа) используем вертикальную стойку, в которой выполняем отверстие под шток и четыре резьбовые отверстия под шпильки. Шток пневматического цилиндра проходит через отверстие в стойке и соединяется с зажимным механизмом.

На рис. 5.10 показан эскиз спроектированного приспособления.



**Рис. 5.10.** Эскиз приспособления (позиции для упрощения чтения чертежа условно не показаны)

На эскизе представлены три группы размеров — I, II, III.

I — размеры сопряжений (посадки), от которых зависит точность обработки детали (они показаны цифрами I);

II — размеры и посадки, точность которых не влияет на точность обработки детали, но влияет на работоспособность приспособления (они показаны цифрами II);

III — габаритные и справочные размеры (они показаны цифрами III).

*Описание работы приспособления.*

Приспособление предназначено для сверления отверстий  $\varnothing 10H$  11 мм в размер  $15 \pm 0,215$  в детали типа кольца с наружным диаметром  $\varnothing 50$  мм и внутренним  $\varnothing 30^{+0,033}$ . Для обработки используются вертикально-сверлильный станок и стандартное сверло.

В качестве установочного элемента принят палец с буртом, который базирует заготовку по двум базовым поверхностям: с буртом пальца соприкасается установочная база заготовки, которая лишает заготовку трех степеней свободы (одного перемещения вдоль координатной оси и поворотов вокруг двух других осей), с цилиндрической поверхностью пальца соприкасается базовое отверстие заготовки (двойная опорная база), при этом заготовка лишается двух степеней свободы (двух перемещений вдоль двух координатных осей). Таким образом, заготовка лишена пяти степеней свободы, т.е. применяется неполная схема базирования, что правомочно, так как обрабатываемое отверстие связано только с одной размерной базой (торец заготовки), и лишение ее шестой степени свободы только усложнит приспособление, но не окажет влияния на точность обработки.

Установка приспособления на станок производится следующим образом. Сверло или контрольный валик устанавливается и закрепляется в шпинделе сверлильного станка. Приспособление устанавливается на стол станка, примерно ориентируя его так, чтобы проушины для крепления совпадали с пазом стола станка, и продвигается вдоль паза стола под шпиндель, чтобы сверло опустилось в кондукторную втулку. Это определяет положение приспособления относительно оси шпинделя. Затем приспособление поворачиваем так, чтобы проушины для крепления приспособления окончательно совпали с Т-образными пазами стола станка, проходящими через центр стола. После этого приспособление крепится к столу станка стандартными пазовыми болтами. Таким образом, в установке приспособления на стол станка участвуют три базовые поверхности приспособления: нижняя плоскость горизонтальной плиты (установочная база — 3 степени свободы), отверстие кондукторной втулки (двойная опорная база — 2 степени свободы) и общая ось симметрии двух проушин для крепления приспособления (опорная база — 1 степень свободы).

Чтобы установить заготовку в приспособлении необходимо, чтобы поршень пневматического цилиндра был в правом крайнем положении. При этом (см. рис. 5.7) зажимной рычаг 1 с помощью промежуточного рычага 2 будет выведен из рабочей зоны приспособления. Это позволит заготовку 4 свободно поставить на установочный палец. После этого включается пневмоцилиндр на рабочий ход влево, зажимной механизм переместится в рабочую зону и закрепит заготовку. Для равномерного зажима заготовки в двух точках на конце зажимного механизма установлен рычаг-качалка 3. Для снятия заготовки с приспособления сжатый воздух поступает в левую полость цилиндра, шток перемещается вправо и выводит зажимной механизм из рабочей зоны.

### ***Практическая работа № 5. «Разработка технического задания на проектирование средств технологического оснащения»***

#### **1. Цель практической работы.**

Ознакомление студентов с методикой разработки технического задания на проектирование средств технологического оснащения и получение практических навыков по его оформлению

#### **2. Средства достижения целей практической работы:**

- разъяснение преподавателем важности разработки и тщательной проработки содержания технического задания на проектирование приспособления;
- разъяснение преподавателем логики построения структуры технического задания;
- рассмотрение примера разработки практического задания;
- самостоятельное решение студентом поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием.

#### **3. Исходные данные для проведения работы:**

- эскиз детали с размерным описанием и указанием поверхности (поверхностей) обрабатываемых с использованием проектируемого приспособления;
- содержание технологической операции;
- модель станка, на котором будет выполняться технологическая операция;
- тип производства.

#### **4. Методика разработки и структура технического задания на проектирование средств технологического оснащения.**

##### ***4.1. Основные требования к техническому заданию.***

Техническое задание (ТЗ) разрабатывают на основе исходных требований заказчика — заявки, а также на основе ТЗ на группу однородной продукции, разработанных технологических процессов



механической обработки детали, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники и др. ТЗ является исходным документом для разработки средств технологического оснащения (СТО) и технической документации на них.

Требования, включаемые в ТЗ, должны обеспечивать разработку СТО, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Разработчик ТЗ определяет в зависимости от специфики приспособления содержание задания, в том числе технические, экономические и другие требования к СТО, этапы разработки, комплектность технической документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание не должно ограничивать инициативу разработчика при поиске и выборе оптимального решения поставленной задачи и содержать необходимые и достаточные требования для разработки СТО (порядок построения, изложения и оформления ТЗ приведен ниже).

#### ***4.2. Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания.***

- Техническое задание разрабатывает разработчик, в отдельных случаях ТЗ может быть разработано заказчиком.
- Техническое задание согласовывают с заказчиком. Для СТО, по которому отсутствует заказчик, а также при проведении инициативных работ по плану научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ ТЗ согласовывается с основным потребителем. Срок согласования ТЗ не должен превышать 15 дней. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное ТЗ вносят изменения. Не допускается изменять ТЗ после представления изделия на приемочные испытания.

#### ***4.3. Порядок построения, изложения и оформления технического задания.***

Техническое задание, как правило, состоит из следующих разделов:

- наименование и область применения средства технологического оснащения;
- основание для разработки;
- цель и назначение разработки;
- источники разработки;
- технические требования;
- экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки;

- приложения.

В зависимости от вида, назначения и условий разработки и эксплуатации СТО допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

#### **4.4. Содержание технического задания.**

*4.4.1. Наименование и область применения.* Указывается наименование СТО и краткая характеристика области применения, общая характеристика объекта, в котором оно будет использоваться.

*4.4.2. Основание для разработки.* Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают СТО, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения, а также наименование темы разработки.

#### *4.4.3. Цель и назначение разработки:*

- цель разработки — СТО разрабатывается впервые, взамен устаревшего, в учебных целях и др.;
- назначение обработки — создание базового образца, модификация, модернизация и т.д.;
- задачи, решаемые разработкой СТО, — механизация или автоматизация процесса обработки детали, устранение разметки, повышение производительности труда и т.д.

*4.4.4. Источники разработки.* Приводится перечень основных документов (материалов) по результатам ранее проведенных работ, перечень образцов, прототипов, которые необходимо использовать при разработке СТО. Эти документы оформляются в виде приложения к ТЗ.

*4.4.5. Технические требования.* Раздел должен состоять из следующих основных подразделов, отражающих соответствующие требования к СТО.

- Состав СТО и требования к конструктивному устройству. В разделе указывают наименование, назначение и основные составляющие СТО; требования к СТО и его составным частям; требования к средствам защиты (от влаги, вибраций, шума, вредных испарений, коррозии и др.); требования к взаимозаменяемости СТО и их составных частей; требования к СОТС, маслам и др.; требования к помехозащищенности и исключению помех, влияющих на другую продукцию.
- Показатели назначения. Указываются основные технологические параметры, определяющие целевое использование и применение СТО (мощность, производительность, КПД., вид используемого энергоносителя, механические свойства, достигаемая точность и др.).

- Требования к надежности. В общем случае указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтпригодности.
- Требования к технологичности и метрологическому обеспечению СТО и эксплуатации. Приводятся требования производственной и эксплуатационной технологичности СТО (согласно стандартам единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП)), определяющие возможность достижения заданных показателей качества изготавливаемых изделий в условиях реализации изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта СТО при минимальных затратах (времени, средств, материалов и т.п.) на выполнение работ и высокой производительности труда. В этом пункте указывают при необходимости основные контролируемые параметры, исходные требования к методам и средствам их измерений, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания СТО.
- Требования к уровню унификации и стандартизации. В разделе приводят требования к использованию стандартных и заимствованных сборочных единиц и деталей при разработке СТО, а также показатели уровня унификации СТО.
- Требования безопасности. Указываются требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте, допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок в соответствии с системой стандартов по безопасности труда и другими действующими стандартами и нормативами.
- Эстетические и эргономические требования. Указываются требования технической эстетики, а также эргономические требования (удобство обслуживания, комфортабельность, усилия, требуемые для управления и обслуживания и т.д.).
- Требования к патентной чистоте. Указываются страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота СТО.
- Требования к составным частям СТО, сырью, исходным и эксплуатационным материалам. Указываются требования к составным частям, сырью, жидкостям, смазкам, краскам и другим материалам, намечаемым для применения при изготовлении и эксплуатации СТО; физико-механические, механические и другие свойства (прочность, твердость, шероховатость поверхности и др.) исходных материалов; возможность применения и (или) ограничения в применении дефицитных материалов и продукции, содержащей эти материалы; ограничения в применении составных частей (включая покупные), сырья, материалов; перечень материалов, применение которых недопустимо

или нежелательно; требования к исходной продукции в части ее совершенствования или модернизации.

- Условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту. В зависимости от вида и назначения СТО указываются условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование СТО с заданными техническими показателями; допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, агрессивных сред, пыли и др.); допустимое воздействие механических нагрузок; время и способ подготовки СТО к использованию после транспортировки и хранения.
- Дополнительные требования. В общем случае в этом разделе могут указываться дополнительные требования, не вошедшие в предыдущие. Например, требования, обусловленные учебными целями использования СТО; требования особого обслуживания СТО или его составных частей; требования к маркировке (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки), упаковке (возможные варианты и требования к консервации и упаковке, в том числе требования к таре и материалам), транспортировке (условия транспортировки и виды транспортных средств, необходимость и способы крепления при транспортировании) и хранению СТО (условия хранения и складирования).
- Требования к категории качества. Указывают намечаемую категорию качества на момент постановки СТО в производство, установленную на основе карты технического уровня и качества продукции по ГОСТ 2.116–84.
- Примечания. При наличии стандартов, устанавливающих требования к разрабатываемым СТО, в ТЗ по усмотрению разработчика могут указываться только те требования, которые превышают соответствующие требования этих стандартов или подлежат конкретизации. При этом в ТЗ должно оговариваться соответствие остальных требований. При наличии аналогичного СТО в ТЗ могут быть указаны только те параметры, значения которых отличается от соответствующих параметров этого СТО.

*4.4.6. Экономические показатели.* Указывают ориентировочную эффективность и срок окупаемости затрат на разработку и освоение СТО, лимитную цену, предполагаемую годовую потребность, а также экономические преимущества разрабатываемого СТО по сравнению с аналогами.

#### ***4.5. Стадии и этапы разработки.***

Необходимые стадии разработки и этапы работ устанавливаются по ГОСТ 2.103–2013. Поэтапные сроки, указанные в ТЗ, являются ориентировочными. Основными сроками выполнения работ считаются установленные в договоре на выполнение опытно-конструкторских работ. В этом разделе указывают предприятие-изготовитель разрабатываемого СТО, а также необходимый состав технической документации на СТО, перечень документов, подлежащий представлению на экспертизу, стадии, на которых она производится, место ее проведения. Если документация не требует проведения экспертизы, то это указывают в ТЗ.

#### ***4.6. Порядок контроля и приемки.***

Приводят перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки, перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы.

#### ***4.7. Приложения.***

Прилагаются копия заявки заказчика, перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих необходимость проведения работ по разработке СТО, чертежи, схемы описания, обоснования, изобретения, расчеты и другие документы, которые должны быть использованы при разработке СТО, перечень заинтересованных организаций, с которыми согласовывают конкретные технические решения в процессе разработки, справочные и другие материалы.

Техническое задание оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам по ГОСТ 2.105–2019 на листах формата А4 по ГОСТ 9327–60 как правило без рамки, основной надписи и дополнительным граф к ней. Номера листов (страниц) проставляют в верхней части листа (над текстом).

### **5.2. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ**

Как правило, по дисциплине «Технологическая оснастка» выполняется курсовая работа, которая включает графическую часть (чертеж общего вида приспособления) и пояснительную записку с приложениями. Целью практической работы является закрепление теоретических знаний, полученных в процессе изучения дисциплины, а также получение практических навыков проектирования несложных специальных приспособлений для механической обработки деталей.

Содержание курсовой работы, в целом, соответствует этапам проектирования специального приспособления и включает в общем виде следующие разделы.

1. Разработка технического задания на проектирование приспособления

2. Проектирование приспособления

- 2.1. Выбор системы приспособления.

- 2.2. Разработка теоретической схемы базирования заготовки в приспособлении.

- 2.3. Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов.

- 2.4. Выбор элементов для направления или определения положения инструмента. Расчет погрешности обработки.

- 2.5. Разработка схемы действия сил и определение необходимой величины силы зажима заготовки.

- 2.6. Выбор силового привода. Расчет параметров привода.

3. Разработка общего вида приспособления. Описание работы приспособления.

Список использованных информационных источников.

Исходные данные для выполнения курсовой работы.

1. Чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями.

2. Операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операцию. Карты технологической операции, на которую проектируется приспособление, с указанием типа оборудования, режимов резания, проектной нормы штучного времени с выделением времени на установку, закрепление и снятие детали.

3. Объем выпуска деталей, период производства деталей.

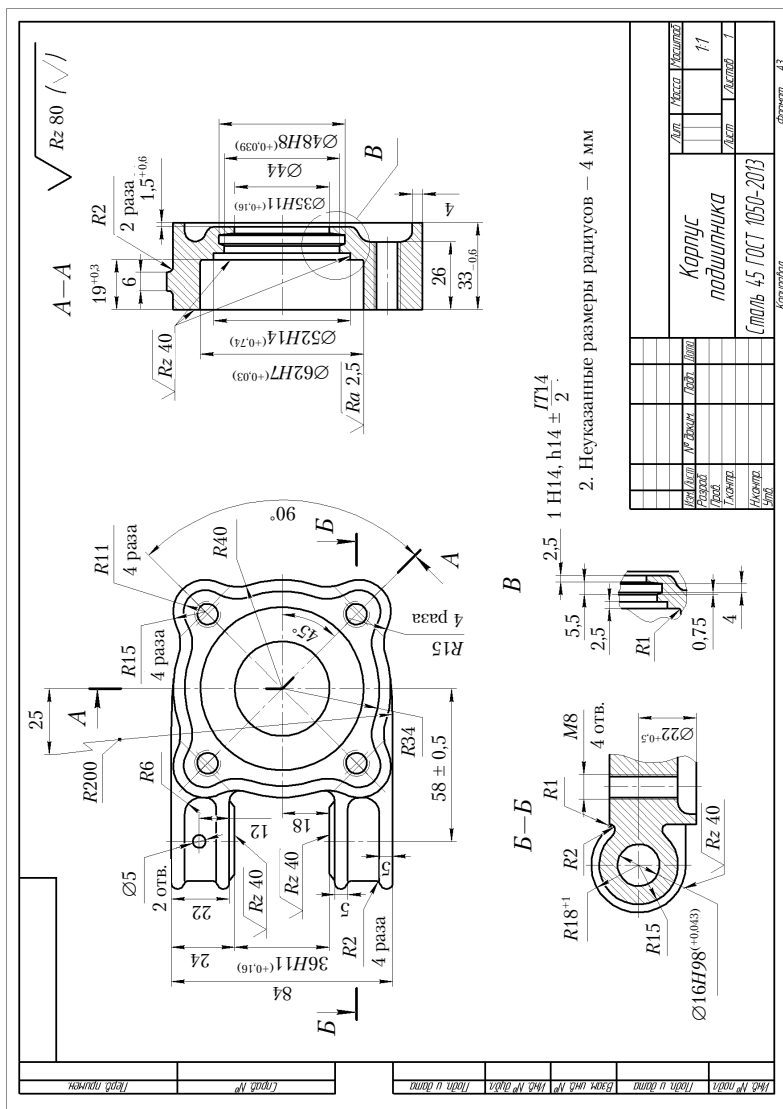
Рассмотрим пример проектирования специального станочного приспособления для установки корпуса подшипника (рис. 5.11) на вертикально-сверлильном станке при обработке отверстия Ø16H9 комплектом инструментов.

## **1. Техническое задание на проектирование приспособления**

### **1.1. Наименование и область применения.**

Приспособление применяется в технологическом процессе механической обработки корпуса подшипника (см. рис. 5.11) на операции обработки отверстия Ø16H9 комплектом инструментов на вертикально-сверлильном станке мод. 2Н125. Материал детали — Сталь 45 ГОСТ 1050–2013.

На операцию деталь поступает после токарной и фрезерной обработки. Годовой объем выпуска 100 тыс. деталей. Штучно-калькуляционное время — 2,4 мин, время на установку, закрепление и снятие детали — 0,4 мин. Период выпуска — 3,5 года.



### **1.2. Основание для проектирования.**

Задание на проектирование приспособления, выданное на основании технологического процесса механической обработки корпуса подшипника.

### **1.3. Цель и назначение приспособления.**

Приспособление проектируется с целью оснащения сверлильной операции нового технологического процесса изготовления корпуса подшипника и предназначено для:

- обеспечения точной ориентации корпуса подшипника относительно инструмента;
- надежного закрепления корпуса подшипника в процессе обработки;
- обеспечение точности расположения отверстий относительно других поверхностей корпуса подшипника ( $58^{+0,5}$ ,  $22^{+0,5}$ ) и между собой (соосность  $0 \pm 0,023$ );
- механизации процесса обработки;
- повышение производительности обработки путем снижения времени и физических затрат, связанных с установкой, закреплением и снятием заготовки.

### **1.4. Источники проектирования.**

Учебно-методическая и справочная техническая литература.

### **1.5. Технические требования.**

*1.5.1. Состав приспособления и требования к его конструктивному устройству.*

В конструкции приспособления должны быть предусмотрены: установочные элементы; зажимные элементы; механизированный силовой привод; элементы, определяющие положение режущего инструмента; корпус.

Приспособление и его силовые части должны соответствовать требованиям ГОСТ, указанным в справочной литературе по проектированию приспособлений. Масса приспособления не должна превышать 10 кг. Габаритные размеры должны обеспечивать размещение приспособления на столе вертикально-сверлильного станка 2Н125 (размеры рабочей поверхности стола — 400×700 мм). Для установки приспособления на станок, размеры и конструкция основной базы корпуса должны быть выполнены в соответствии с посадочными местами рабочего стола станка (ширина паза стола станка 14Н7). Конструкция быстроизнашиваемых элементов приспособления должна обеспечивать их быструю замену.

#### *1.5.2. Показатели назначения.*

Габаритные размеры заготовки — 113×84×33 мм. Приспособление должно обеспечить получение двух отверстий Ø16Н9, рас-



стояние между осями отверстиями и осью центрального отверстия детали  $58^{+0,5}$ , расстояние от оси отверстий до установочной поверхности корпуса подшипника  $22^{+0,5}$ .

Режимы резания — согласно операционной карте. Обработка отверстия производится с режимами резания, обеспечивающими  $M_{\text{рез}} = 8,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $P_o = 280,5 \text{ Н}$ . Коэффициент загрузки приспособления 0,88 (при двухсменной работе). Производство массовое.

#### *1.5.3. Требования к надежности.*

Срок службы приспособления — не менее двух лет. Количество отказов — не более четырех в год. Полная ремонтпригодность.

#### *1.5.4. Требования к технологичности.*

Конструкция приспособления должна обеспечивать: свободный доступ к местам, требующим контроля; регулировки и технического обслуживания; удобство установки заготовки; простоту и удобство настройки; быструю и легкую замену изношенных деталей. Составные части приспособления должны иметь минимальные размеры и простую форму и изготавливаться наиболее простыми и рациональными методами обработки.

#### *1.5.5. Требования к уровню стандартизации.*

В приспособлении должны быть максимально использованы стандартные и унифицированные узлы и детали.

#### *1.5.6. Требования к безопасности.*

Приспособление должно соответствовать общим требованиям безопасности, изложенным в справочной литературе по проектированию приспособлений. Органы управления — обеспечивать удобство пользования и работы.

#### *1.5.7. Требования к материалам.*

При выборе материалов для изготовления элементов приспособления руководствоваться рекомендациями, приведенными в справочной литературе и стандартах.

#### *1.5.8. Условия эксплуатации.*

Приспособление обслуживается оператором 3-го разряда. Допускается использовать приспособление сразу после транспортировки или хранения, удалив смазку.

### **2. Проектирование приспособления.**

#### **2.1. Выбор системы приспособления.**

Выбор системы осуществляется на основе графика зон рентабельности систем приспособления (рис. 1.1). По ординате откладывается коэффициент загрузки приспособления  $K_z$ . По оси абсцисс откладывается время в месяцах эксплуатации приспособления (42 мес.).

Коэффициент загрузки приспособления ( $K_3$ ) вычисляется по формуле

$$K_3 = \frac{T_{\text{шт.к}} \cdot N_{\text{оп}}}{60 \cdot F_{\text{д}}}, \quad (5.2)$$

где  $T_{\text{шт.к}}$  — штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции, в мин;  $N_{\text{оп}}$  — число повторений операций, соответствующее числу обрабатываемых деталей одного наименования в течение календарного периода времени (года);  $F_{\text{д}}$  — годовой фонд времени работы приспособления (станка), в час.

$$K_3 = \frac{1,9 \cdot 100\,000}{60 \cdot 3600} = 0,88$$

Таким образом выбираем систему приспособления- специальное неразборное.

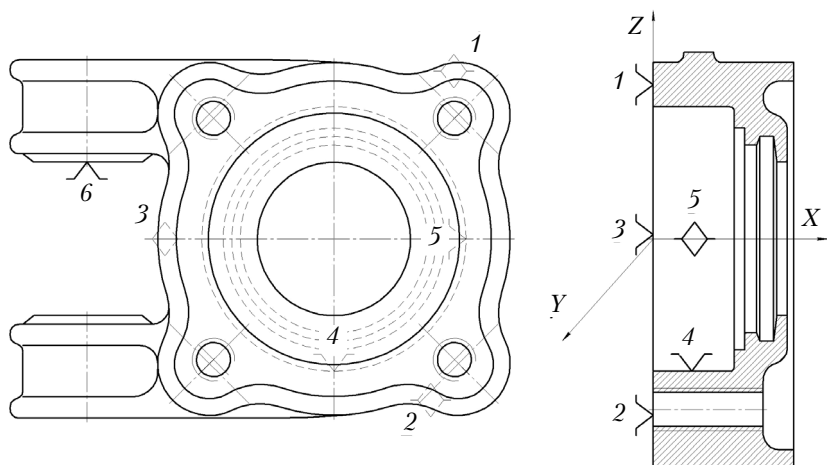


Рис. 5.12. Теоретическая схема базирования

## 2.2. Разработка теоретической схемы базирования заготовки в приспособлении.

Проанализировав чертеж детали и ее размерное описание, приходим к выводу, что в качестве технологических баз целесообразно использовать плоскость основания корпуса — торец детали, так как она имеет наибольшие габаритные размеры, внутреннюю цилиндрическую поверхность  $\varnothing 62H7$  мм, так как расположение обрабатываемого отверстия задано от оси отверстия  $\varnothing 62H7$  мм таким

образом будет выполнен принцип совмещения баз, т.е. технологическая база будет совмещаться с размерной базой. Плоскость основания корпуса будет лишать деталь трех степеней свободы и называется установочной базой. Образующая цилиндрической внутренней поверхности отверстия  $\varnothing 62H7$  лишает деталь двух степеней свободы, и будет являться двойной опорной базой. Торец ушка детали лишает одной степени свободы и называется опорной базой. На рис. 5.12 приведена теоретическая схема базирования корпуса подшипника.

Перемещения вдоль оси  $X$  лишает точка 1, принадлежащая плоскости основания детали.

Вращения вокруг оси  $Z$  лишает точка 2, принадлежащая плоскости основания детали.

Вращения вокруг оси  $Y$  лишает точка 3, принадлежащая плоскости основания детали

Перемещения вдоль оси  $Z$  лишает точка 4, принадлежащая образующей цилиндрической поверхности  $\varnothing 62H7\text{мм}$ .

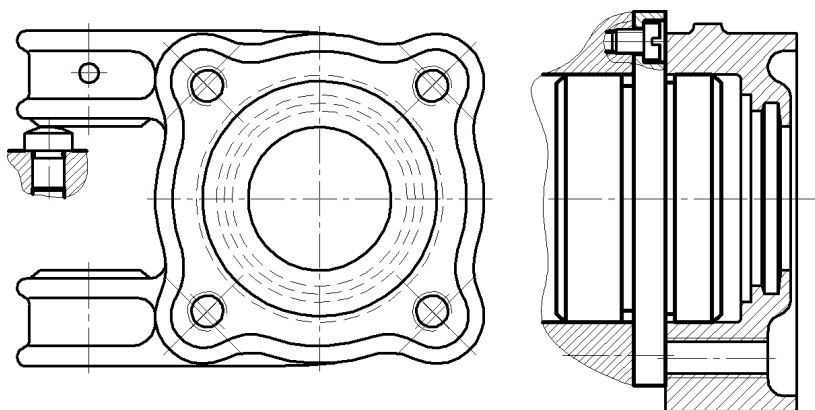
Перемещения вдоль оси  $Y$  лишает точка 5, принадлежащая образующей цилиндрической поверхности  $\varnothing 62H7\text{мм}$

Вращения вокруг оси  $X$  лишает точка 6, принадлежащая плоскости ушек детали.

Таким образом, деталь лишена всех шести степеней свободы, и такая схема базирования является полной. Все базы явные, так как представлены реальными поверхностями.

### ***2.3. Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов.***

Выбор установочных элементов для разработанной схемы базирования заготовки проводится по методике «Реализация теоретической схемы базирования заготовок в приспособлении». Так как выбранный комплект баз состоит из цилиндрической поверхности, перпендикулярной к ее оси плоскости, то по общему алгоритму находим, что для такого комплекта баз разработан алгоритм «Б». По этому алгоритму выбираем ветвь, в которой рассматривается комплект баз, с внутренней цилиндрической поверхностью. Так как цилиндрическая поверхность является двойной опорной базой и торцевая поверхность обработана, то, пройдя по блокам алгоритма, находим, что для данного случая рекомендуется применять установочные элементы в виде: 1) палец с буртом или 2) палец и три опоры с плоской головкой. Выбираем палец с буртом, так как масса и габаритные размеры заготовки невелики. На рис. 5.13 показана установка заготовки на выбранные установочные элементы.



**Рис. 5.13.** Выбор установочных элементов

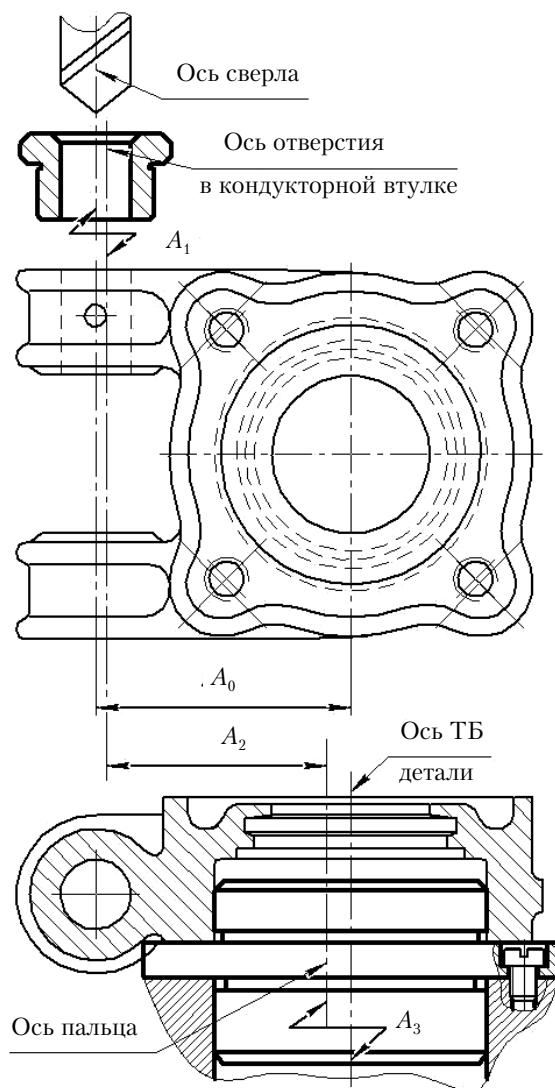
Конструкция пальца с буртом нестандартная. Палец имеет базирующий элемент, который входит в отверстие корпуса. Палец с буртом ориентируется в корпусе с помощью хвостовика и закрепляется винтами, через отверстия, которые сделаны в буртике. Диаметр пальца —  $\varnothing 62f7$ . Для реализации опорной базы 6 используем упор (Опора 7034–0321 ГОСТ 13441–68).

#### **2.4. Выбор элементов для направления или определения положения инструмента. Расчет погрешности обработки.**

При проектировании сверлильных приспособлений следует учитывать что погрешности, возникающие при обработке, связаны не только с погрешностями базирования заготовки, но и с погрешностями положения инструмента относительно установочных элементов. Поэтому в конструкцию приспособления вводятся кондукторные втулки, назначением которых является определение положения и направление сверла.

Погрешность обработки определяется методом решения технологических размерных цепей. На рис. 5.14 показана размерная цепь.

Исходным звеном технологической размерной цепи  $A_0$  всегда являются размер или взаимный поворот, который необходимо получить при обработке детали (конструкторский размер). Так как при сверлении отверстия необходимо выдержать размер до оси отверстия  $\varnothing 62H7$ , которая является технологической и размерной базой, в размерную цепь войдут лишь звенья, определяющие положение инструмента, относительно установочного элемента. На рис. 5.14 показана размерная цепь, для решения которой составлена табл. 5.2.



**Рис. 5.14.** Размерная цепь

Так как на точность обработки детали в приспособлении оказывает влияние, кроме приспособления, еще и другие погрешности (динамической и статической настройки), то для точности исходного звена приспособления берем  $0,5 \cdot TA_o$ . Точность размера 58 мм задана допуском 0,5 мм, тогда  $TA_o = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$  мм.

Таблица 1

## Описание звеньев размерной цепи

№ звена	Физическая сущность звена	Переда- точное от- ношение $g_i$	Размер $A_i$ , мм	Допуск $TA_i$	Ес $TA_i$
$A_0$	Расстояние от оси обрабатываемого отверстия (сверла) до оси отверстия $\varnothing 62H7$ мм.	—	$58^{+0,25}$	0,25	+0,125
$A_1$	Максимально допустимая несоосность сверла и отверстия в кондукторной втулке	+1	$0 \pm 0,0225$	0,045	0
$A_2$	Расстояние между осями отверстия в кондукторной втулке и осью установочного пальца	+1	$58^{+0,115}$	0,115	+0,125
$A_3$	Максимально допустимая несоосность пальца и отверстия в детали $\varnothing 62H7$ мм (технологической базы)	+1	$0 \pm 0,045$	0,09	0

Определяем номинал звена  $A_2$  из уравнения номиналов

$$A_0 = \sum_i^m \xi_i A_i; \quad (5.3)$$

$$58 = 0 + A_2 + 0, A_2 = 58 \text{ мм.}$$

Допуск на  $TA_1$  определяем как максимальный зазор между сверлом и отверстием в кондукторной втулке по посадке  $\varnothing 16F7/h6$ :

$$TA_1 = 0,011 + 0,034 = 0,045 \text{ мм.}$$

Допуск на  $TA_3$  определяем как максимальный зазор между пальцем и отверстием  $\varnothing 62 \frac{H7}{f7}$ :

$$TA_3 = 0,030 + 0,060 = 0,090 \text{ мм}$$

Допуск на  $A_2$  определяем из уравнения допусков:

$$TA_0 = \sum_i^{m-1} |\xi_i| TA_i; \quad (5.4)$$

$$0,25 = 0,045 + TA_2 + 0,09;$$

$$TA_2 = 0,25 - 0,135 = 0,115 \text{ мм.}$$

Из уравнения находим, что точность изготовления приспособления — расстояние от оси отверстия в кондукторной втулке до оси пальца равна 0,0115 мм. Такой допуск на размер 58 мм соответствует 9–10-му качеству точности, который может быть легко обеспечен в условиях инструментального цеха. Таким образом, проектируемое приспособление может обеспечить заданную точность.

Определим координату середины поля допусков звена  $A_2$  из уравнения (5.5).

$$E_c TA_0 = \sum_i^{m-1} \xi_i E_c TA_i; \quad (5.5)$$

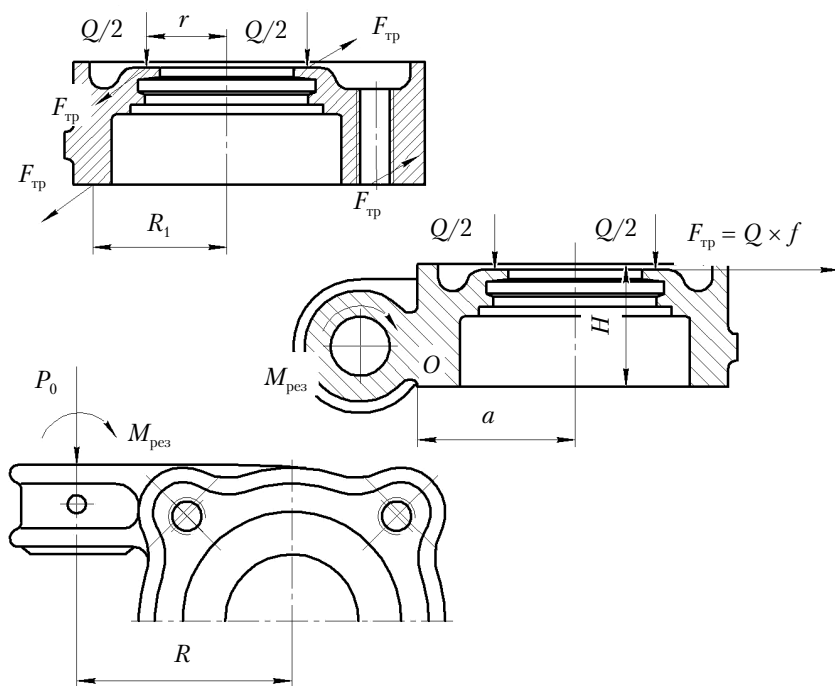
$$+0,125 = 0 + E_c TA_2 + 0;$$

$$E_c TA_2 = +0,125 \text{ мм.}$$

## **2.5. Определение величины силы зажима заготовки. Выбор конструктивно-размерных параметров зажимного механизма.**

Расчет сил зажима может быть сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних и внутренних сил. К заготовке с одной стороны приложены масса заготовки и силы, возникающие в процессе обработки, с другой — зажимные силы и реакции опор. Под действием этих сил заготовка должна сохранить равновесие. При расчетах ориентироваться на положение сдвигающих сил и моментов, при котором силы зажима получаются наибольшими.

При расчетах следует определить требуемую силу зажима с учетом коэффициента запаса  $K$ , предусматривавшего возможность увеличения силы и момента резания из-за ряда факторов. Исходными данными для определения силы зажима являются схема установки заготовки, разработана ранее и представленная на рис. 5.13, и режимы и силы резания:  $M_{\text{рез}} = 8,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $P_o = 607,5 \text{ Н}$ .



**Рис. 5.15.** Схема действия сил при обработке отверстия в корпусе подшипника

Так как формула для расчета режимов резания не учитывает самых неблагоприятных моментов, влияющих на величины сил и моментов резания, то для обеспечения безопасности работы приспособления рассчитываем величину коэффициента запаса прочности зажима  $K$  по формуле (5.6)

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6. \quad (5.6)$$

Учитывая конкретные условия обработки, принимаем:

$K_0 = 1,5$  — гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок (при черновой обработке  $K_1 = 1,2$ );

$K_2$  — коэффициент, учитывающий затупление инструмента ( $K_2 = 1,15$ );

$K_3$  — коэффициент, учитывающий ударную нагрузку на инструмент (при сверлении  $K_3 = 1,0$ );



$K_4$  — коэффициент, учитывающий стабильность силового привода (при механизированном приводе —  $K_4 = 1,0$ );

$K_5$  — коэффициент, характеризующий зажимные механизмы с ручным приводом (при удобном зажиме  $K_5 = 1,0$ );

$K_6$  — коэффициент, учитывающий определенность расположения опорных точек при смещении заготовки моментом сил (неограниченная зона контакта в пределах базы —  $K_6 = 1,3$ ).

Следовательно,

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 2,69.$$

Согласно правилам выбора направления силы  $Q$  силу зажима направляем перпендикулярно установочной базе, как имеющую наибольшую площадь контакта с установочными элементами.

Заготовка представляет собой полое цилиндрическое кольцо в месте закрепления, то сила зажима распределяется равномерно по этому кольцу. На рис. 5.15 приведена схема действия сил на заготовку. Из схемы видно, что осевая сила  $P_0$  действует на заготовку сверху вниз и стремится повернуть заготовку вокруг оси установочного элемента — пальца и сдвинуть по опорам. Этому противодействует сила трения между заготовкой и установочными элементами.

Составим уравнение сил, действующих на заготовку.

$$M_{\text{рез}} < M_{\text{тр}}, \quad (5.7)$$

$$K \cdot M_{\text{рез}} = M_{\text{тр}}, \quad (5.8)$$

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot R_1 + F_{\text{тр}}^1 \cdot r, \quad (5.9)$$

$$F_{\text{тр}} = Q \cdot f; F_{\text{тр}}^1 = Q \cdot f^1, \quad (5.10)$$

где  $f$  и  $f^1$  — коэффициенты трения между установочным элементом и заготовкой зажимным элементом и заготовкой (они равны 0,19).

$$K \cdot M(P_0) = Qf_1R_1 + Qf^1r, \quad (5.11)$$

$$M(P_0) = P_0 \cdot R = 280,5 \cdot 0,058 = 16,269 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$Q = \frac{K \cdot M(P_0)}{fR + f^1r} = \frac{2,69 \cdot 16,269}{0,19 \cdot 0,04 + 0,19 \cdot 0,025} = 3543 \text{ Н}.$$

Если сила  $P_0$  стремится повернуть заготовку относительно оси пальца, то крутящий момент  $M_{\text{рез}} = 8,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$  стремится повернуть заготовку относительно точки касания плоскости заготовки с буртом установочного элемента (точка  $O$ ) (см. рис. 5.15).

Составим уравнение равновесия моментов, действующих на деталь.

$$\begin{aligned} KM_{\text{рез}} &= M_{\text{тр}}. \\ KM_{\text{рез}} &= Q^1 a + Q^1 f H. \end{aligned} \quad (5.12)$$

Отсюда находим  $Q^1$

$$Q = \frac{KM_{\text{рез}}}{a + fH} = \frac{2,69 \cdot 8,75}{0,042 + 0,19 \cdot 0,033} = 487,5 \text{ Н}.$$

Таким образом, усилие  $Q^1$ , препятствующее повороту заготовки под действием  $M_{\text{рез}}$ , значительно меньше  $Q$  ( $Q > Q^1$ ), поэтому для дальнейших расчетов параметров привода используем силу  $Q = 3543 \text{ Н}$ .

Так как усилие от штока будет непосредственно передаваться на деталь, передаточное отношение механизма будет равно 1. Таким образом, усилие, развиваемое приводом  $W = Q = 3543 \text{ Н} = 334,3 \text{ кгс}$ .

### **2.6. Выбор силового привода. Расчет параметров привода.**

Для выбора конструкции зажимного механизма, учитывая, что зажимной механизм должен выводиться из зоны установки заготовки за каждой деталью, выбираем в качестве привода пневматический цилиндр двухстороннего действия. При серийном производстве, малых габаритных размерах, небольших силах резания это самый подходящий привод. Кроме того, конструкция зажимного механизма не требует большого хода поршня, чтобы вывести быстросменную шайбу из рабочей зоны. Следовательно, можно использовать стандартный привод. Основным параметром привода является диаметр цилиндра  $D$ . Определим диаметр цилиндра из формулы (5.13).

$$W = p \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta; \quad (5.13)$$

$$D = \sqrt{\frac{4W}{p \times \pi \times \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 354,3}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,97} + 2,2^2} = 11 \text{ см} = 110 \text{ мм}.$$

Выбираем диаметр поршня, равный 110 мм.

### **3. Разработка общего вида приспособления. Описание работы приспособления.**

После расчета и выбора всех элементов приспособления приступаем к разработке общего вида приспособления.

Вначале вычерчивается в тонких линиях обрабатываемая деталь, затем — установочные элементы (палец с буртом и опора), элемент для направления инструмента (кондукторная втулка), зажимной механизм (быстросменная шайба, гайка и др.), и после этого оформляется корпус приспособления, объединяющий все спроектированные элементы в единое целое приспособление.

Если в рассматриваемом примере корпус может быть изготовлен литьем или сваркой, то при проектировании различных систем приспособлений корпус и остальные элементы могут быть собраны из стандартизированных заранее изготовленных элементов или механической обработкой.

На общем виде приспособления проставляются все необходимые размеры, оформляются технические требования и составляется спецификация (Приложение. Чертеж приспособления).

#### ***Описание работы приспособления.***

Приспособление применяется для установки корпуса подшипника на вертикально-сверлильном станке при обработке отверстий Ø16Н9. В качестве установочных элементов применяются: короткий палец с буртом и опора с плоской головкой. С пальцем соприкасается двойная опорная база детали и лишает заготовку двух степеней свободы, а с буртом — установочная база и лишает заготовку трех степеней свободы. С упором соприкасается опорная база (торцевая поверхность) и лишает заготовку одной степеней свободы. Таким образом, заготовка лишена всех шести степеней свободы.

Установка приспособления на станок производится следующим образом. Сверло или контрольный валик устанавливается и закрепляется в шпинделе сверлильного станка. Приспособление устанавливается на стол станка так, чтобы проушины для крепления приспособления совпали с Т-образными пазами стола станка, проходящими через центр стола. Затем приспособление продвигается вдоль паза стола под шпиндель так, чтобы сверло опустилось в кондукторную втулку. Это определяет положение приспособления относительно оси шпинделя. После этого приспособление крепится болтами. Таким образом, в установке приспособления на стол станка участвуют три базовые поверхности: нижняя плоскость горизонтальной плиты — установочная база, проушины для креп-

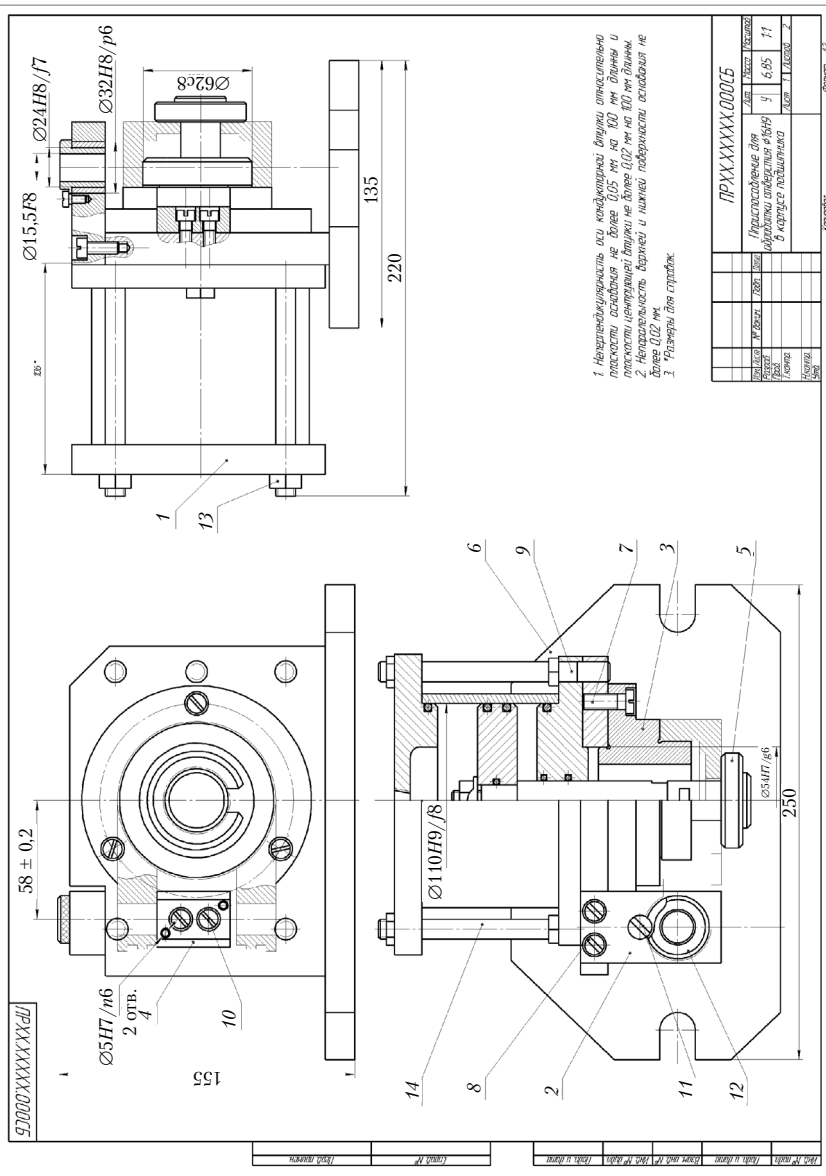
ления приспособления — опорная база и отверстие кондукторной втулки — двойная опорная база.

Для установки заготовки в приспособлении необходимо, чтобы поршень пневматического цилиндра был в правом крайнем положении. При этом зажимной механизм 25 (см. Приложение) с помощью штока будет выведен из рабочей зоны приспособления. Это позволит заготовку свободно поставить на установочный палец. После этого включается пневмоцилиндр на рабочий ход влево, зажимной механизм — быстросменная шайба — переместится в рабочую зону и закрепит заготовку. Для съема заготовки сжатый воздух поступает в левую полость цилиндра, шток перемещается вправо и выводит зажимной механизм из рабочей зоны, процесс повторяется.

## Список использованных информационных источников

1. *Берберов С.А.* Проектирование специальных приспособлений для механической обработки [Текст] : Методические указания для проведения практических занятий / С.А. Берберов, И.М. Чукарина, Н.И. Берберова. — Ростов н/Д. : Изд. центр ДГТУ, 2013.
2. *Насыров Ш.* Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : практикум / Ш.Г. Насыров, А.А. Корнипаева, С.В. Каменев, Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург : ОГУ, 2013. — 127 с.
3. Станочные приспособления [Текст] : справочник : в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина и А.А. Шатилова. — М. : Машиностроение, 1984.
4. *Берберов С.А.* Реализация теоретической схемы базирования заготовок в приспособлениях [Текст] : Методические указания для проведения практических занятий / С.А. Берберов, И.М. Чукарина, Н.И. Берберова. — Ростов н/Д. : Изд. центр ДГТУ, 2006.
5. *Горошкин А.К.* Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : Справочник / А.К. Горошкин. — 7-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1979. — 303 с.

# Приложение





## **Заключение**

Технологическая оснастка машиностроительного производства является важнейшей частью производственного процесса. Однако отдельно специалистов по проектированию технологической оснастки не готовят. Проектированием технологической оснастки, как правило, занимаются специалисты, хорошо знакомые с технологией и организацией производства, т.е. имеющие технологическую подготовку. В связи с этим подготовка специалистов по технологии машиностроения непременно должна включать и элементы конструкторской подготовки в области проектирования технологической оснастки.

В данном учебном пособии в логической последовательности изложены сведения, необходимые для такой подготовки: начиная от выбора схем базирования заготовок в приспособлениях, что, как правило, выполняет технолог при разработке технического задания на проектирование приспособления, заканчивая методикой проектирования приспособления в том числе с использованием систем механизации и автоматизации. Также в учебном пособии изложены особенности проектирования специальных средств контроля.



## Список использованной литературы

1. Станочные приспособления [Текст]: справочник: в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина и А.А. Шатилова. — М.: Машиностроение, 1984.
2. *Горошкин А.К.* Приспособления для металлорежущих станков [Текст]: справочник / А.К. Горошкин. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1979. — 303 с.
3. *Рахимьянов Х.М.* Технологическая оснастка [Текст] / Х.М. Рахимьянов, Б.А. Красильников, Э.З. Мартынов, В.В. Янпольский. — М.: Юрайт, 2018. — 265 с.
4. *Косов Н.П.* Технологическая оснастка: вопросы и ответы [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Технология машиностроения» направления подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. — М.: Машиностроение, 2007. — 302 с.
5. *Блюменштейн В.Ю.* Проектирование технологической оснастки [Текст] / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. — СПб.; М.; Краснодар, 2011. — 219 с.
6. *Клепиков В.В.* Технологическая оснастка. Станочные приспособления [Текст] : учебное пособие / В.В. Клепиков. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 345 с.
7. *Тарабарин О.И.* Проектирование технологической оснастки в машиностроении [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Лань, 2013. — 303 с.
8. *Берберов С.А.* Технологическая оснастка [Текст]: учебное пособие / С.А. Берберов, Г.А. Прокопец, И.М. Чукарина, Н.И. Берберова, А.А. Прокопец. — Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2013. — 198 с.
9. *Берберов С.А.* Реализация теоретической схемы базирования заготовок в приспособлениях [Текст]: Методические указания для проведения практических занятий / С.А. Берберов, И.М. Чукарина, Н.И. Берберова. — Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2016. — 35 с.
10. *Берберов С.А.* Методическое руководство по разработке технического задания на проектирование технологических процессов и средств технологического оснащения [Текст] / С.А. Берберов, Г.А. Прокопец. — Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2012. — 25 с.
11. *Берберов С.А.* Проектирование специальных приспособлений для механической обработки [Текст]: методические указания для проведения практических занятий / С.А. Берберов, И.М. Чукарина, Н.И. Берберова. — Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2018. — 40 с.

12. *Завистовский С.Э.* Технологическая оснастка [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Э. Завистовский. — Минск: РИПО, 2015. — 144 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131823> (дата обращения: 19.01.2021).
13. *Насыров Ш.* Технологическая оснастка [Электронный ресурс]: практикум / Ш.Г. Насыров, А.А. Корнипаева, С.В. Каменев, Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ОГУ, 2013. — 127 с.
14. *Ермолаев В.В.* Технологическая оснастка [Текст]: лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учебное пособие для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования по специальности 051901 «Технология машиностроения», ОП.09 «Технологическая оснастка» / В.В. Ермолаев. — 2-е изд., стер. — М.: Академия, 2014. — 318 с. — (Среднее профессиональное образование. Технология машиностроения).
15. ГОСТ 13440–68. Опоры постоянные с плоской головкой для станочных приспособлений. Конструкция [Текст].
16. ГОСТ 13441–68. Опоры постоянные со сферической головкой для станочных приспособлений. Конструкции [Текст].
17. ГОСТ 13442–68. Опоры постоянные с насеченной головкой для станочных приспособлений. Конструкция [Текст].
18. ГОСТ 12209–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные цилиндрические постоянные. Конструкция [Текст].
19. ГОСТ 12211–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные цилиндрические сменные. Конструкция [Текст].
20. ГОСТ 12210–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные срезанные постоянные. Конструкция [Текст].
21. ГОСТ 12212–66. Приспособления станочные. Пальцы установочные срезанные сменные. Конструкция [Текст].
22. ГОСТ 3.1107–81. Единая система технологической документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения [Текст].
23. ГОСТ 2034–80. Сверла спиральные. Технические условия [Текст].
24. ГОСТ 26238–93. Втулки кондукторные. Общие технические требования [Текст].
25. *Терликова Т.Ф.* Основы конструирования приспособлений [Текст] / Т.Ф. Терликова, А.С. Мельников, В.И. Баталов. — М.: Машиностроение, 1980.

# Оглавление

<b>Список сокращений .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1 Общие сведения о приспособлениях .....</b>	<b>7</b>
1.1. Повышение точности обработки .....	7
1.2. Повышение производительности обработки и снижение технологической себестоимости изготовления (контроля) изделия .....	8
1.3. Расширение технологических возможностей оборудования .....	10
1.4. Автоматизация производственного процесса .....	11
<i>Вопросы для самоконтроля .....</i>	<i>15</i>
<b>Глава 2 Основы теории базирования заготовок в станочных приспособлениях.....</b>	<b>16</b>
2.1. Погрешность изготовления технологической базы детали (от.б) .....	29
2.2. Погрешность изготовления и износа установочных элементов .....	30
2.3. Погрешность, возникающая при наличии неопределенности базирования (он.б) .....	31
2.4. Погрешность закрепления .....	31
<i>Вопросы для самоподготовки .....</i>	<i>35</i>
<b>Глава 3 Приспособления для механической обработки заготовок.....</b>	<b>36</b>
3.1. Установочные элементы приспособлений .....	36
3.1.1. Установка заготовок по цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости .....	43
3.1.2. Установка заготовок на оправки .....	44
3.1.3. Конусные оправки .....	44
3.1.4. Установка заготовок на призмы .....	46
3.1.5. Установка заготовок на пальцы .....	51
3.1.6. Установка заготовок по центровым отверстиям .....	58
<i>Вопросы для самоподготовки .....</i>	<i>62</i>
3.2. Зажимные механизмы приспособлений .....	63
3.2.1. Понятие зажимного механизма и предъявляемые к нему требования .....	63
3.2.2. Методика расчета сил зажима .....	64
3.2.3. Конструкции и расчет сил зажима и передаточных отношений зажимных механизмов .....	80
<i>Вопросы для самоподготовки .....</i>	<i>104</i>
3.3. Установочно-зажимные механизмы приспособлений .....	105
3.3.1. Классификация самоцентрирующих механизмов .....	105
3.3.2. Рычажные центрирующие механизмы .....	111
3.3.3. Цанговые механизмы .....	113
3.3.4. Мембранные механизмы .....	114
3.3.5. Патроны с кольцевыми мембранами .....	115
3.3.6. Патроны с использованием гидропластмассы .....	115
<i>Вопросы для самоподготовки .....</i>	<i>118</i>

3.4.	Силовые приводы .....	118
3.4.1.	Пневматические приводы .....	119
3.4.2.	Гидравлические приводы .....	126
3.4.3.	Вакуумные зажимные устройства .....	132
3.4.4.	Электромеханические приводы .....	133
3.4.5.	Электромагнитные приводы .....	133
3.4.6.	Магнитные приводы .....	136
3.4.7.	Центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся частей станка и сил резания .....	136
3.4.8.	Приводы от движущихся частей станка и сил резания .....	138
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	140
3.5.	Элементы приспособлений для определения положения и направления инструментов .....	141
3.5.1.	Классификация элементов приспособлений для определения положения и направления инструментов .....	141
3.5.2.	Шаблоны и установовы .....	142
3.5.3.	Кондукторные втулки и плиты .....	145
3.5.4.	Копиры .....	149
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	151
3.6.	Корпуса приспособлений .....	151
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	157
3.7.	Нормализация и стандартизация приспособлений. приспособления к станкам с программным управлением .....	157
3.7.1.	Система универсально-наладочных приспособлений .....	160
3.7.2.	Система универсально-сборных приспособлений .....	163
3.7.3.	Приспособления к станкам с программным управлением .....	166
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	172
3.8.	Механизация и автоматизация приспособлений .....	173
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	180
3.9.	Методика проектирования специальных приспособлений .....	180
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	189
	<b>Глава 4 Контрольно-измерительные приспособления .....</b>	<b>190</b>
4.1.	Назначение и классификация контрольно-измерительных приспособлений .....	190
4.2.	Примеры контрольно-измерительных приспособлений .....	191
4.2.1.	Приспособление для контроля относительного расположения поверхностей деталей типа диска .....	191
4.2.2.	Приспособление для контроля относительного расположения поверхностей вала-шестерни .....	192
4.2.3.	Приспособления для контроля размеров и относительного расположения поверхностей корпусных деталей .....	194
4.2.4.	Нестационарные приспособления .....	197
4.3.	Особенности проектирования специальных контрольных приспособлений .....	201
	<i>Вопросы для самоконтроля</i> .....	204
	<b>Глава 5 Учебно-методический практикум по дисциплине «технологическая оснастка» .....</b>	<b>206</b>
5.1.	Содержание и методика выполнения практических работ .....	206
5.2.	Пример проектирования приспособления для механической обработки детали .....	245

<b>Список использованных информационных источников.....</b>	<b>261</b>
<b>Приложение.....</b>	<b>262</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>264</b>
<b>Список использованной литературы .....</b>	<b>265</b>

*По вопросам приобретения книг обращайтесь:*  
**Отдел продаж «ИНФРА-М» (оптовая продажа):**  
127214, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1  
Тел. (495) 280-33-86 (доб. 218, 222)  
E-mail: bookware@infra-m.ru

•

**Отдел «Книга—почтой»:**  
тел. (495) 280-33-86 (доб. 222)

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
----------------	---

*Учебное издание*

**Сергей Авдеевич Берберов  
Михаил Аркадьевич Тамаркин  
Галина Анатольевна Прокопец  
Валерий Александрович Лебедев**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА**

### **УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Оригинал-макет подготовлен в НИЦ ИНФРА-М  
ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»  
127214, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1  
Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29  
E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>

Подписано в печать 11.09.2021.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Petersburg.  
Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,13.  
Тираж 1000 экз. (I — 50). Заказ № 00000  
ТК 690880-1000210-110921

Отпечатано в типографии ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»  
127214, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1  
Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29