

30,3 972
Е74

Профессиональное образование

В. В. Ермолаев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебник



ACADEMA

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В. В. ЕРМОЛАЕВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

УЧЕБНИК

Рекомендовано

Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего
профессионального образования по укрупненной группе
специальностей «Технологические машины и оборудование»

Регистрационный номер рецензии 464
от 04 октября 2010 г. ФГУ «ФИРО»

4-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2015

УДК 621.7.07(075.32)

ББК 30.605я723

Е741

Рецензент —

преподаватель высшей категории ГОУ СПО «Московский государственный техникум технологий и права», канд. техн. наук, доц. А. И. Ильянков

Ермолаев В. В.

Е741 Технологическая оснастка : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. В. Ермолаев. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2015. — 256 с. ISBN 978-5-4468-2637-7

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования для специальности «Технология машиностроения», ОП «Технологическая оснастка».

Рассмотрены основные вопросы конструирования и расчета технологической оснастки, типовые элементы станочных приспособлений, а также приспособления для металлорежущих станков основных групп. Описаны способы базирования и зажима заготовок и расчета погрешностей установки изделий в приспособлении. Уделено внимание оснастке для станков с ЧПУ и приспособлениям для гибких производственных систем. Изложены вопросы технологии применения сборочных и контрольных приспособлений.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.7.07(075.32)

ББК 30.605я723

Учебное издание

Ермолаев Валерий Вячеславович

Технологическая оснастка

Учебник

4-е издание, стереотипное

Редактор *В. Н. Махова*. Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*

Компьютерная верстка: *Р. Ю. Волкова*. Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 104114330. Подписано в печать 12.08.2015. Формат 60×90/16.

Бумага офс. № 1. Гарнитура «Балтика». Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,0.

Тираж 1 000 экз. Заказ №6401

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. AE51. Н 16679 от 25.05.2015.

Отпечатано с готовых файлов заказчика

в АО «Первая Образцовая типография»,

филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»

432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Ермолаев В. В., 2012

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-4468-2637-7

нормативно-технические материалы, государственные стандарты, проспекты отечественных и зарубежных фирм, справочная и производственная литература.

От других изданий, посвященных станочным приспособлениям, данный учебник отличается насыщенностью иллюстративного

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по специальности «Технология машиностроения».

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Технологическая оснастка».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Эффективность использования электронных ресурсов в учебном процессе зависит от качества самих ресурсов, от уровня подготовки преподавателей, от уровня оснащенности учебных кабинетов и от уровня оснащенности компьютерными ресурсами. В учебном процессе используются различные электронные ресурсы, которые могут быть использованы для обучения и контроля. В учебном процессе используются различные электронные ресурсы, которые могут быть использованы для обучения и контроля.

В учебном процессе используются различные электронные ресурсы, которые могут быть использованы для обучения и контроля. В учебном процессе используются различные электронные ресурсы, которые могут быть использованы для обучения и контроля. В учебном процессе используются различные электронные ресурсы, которые могут быть использованы для обучения и контроля.

Повышение производительности механической обработки и сборки изделий в значительной степени зависит от уровня механизации и автоматизации станочных приспособлений. Внедрение станков с ЧПУ определяет ряд специфических требований, обусловленных особенностями их применения.

Соответственно предъявляются требования и к станочным приспособлениям, их конструкции, расчету и применению. Станочные приспособления должны иметь повышенную точность. Погрешности базирования и закрепления, возникающие при установке заготовок в этих приспособлениях, должны быть сведены к минимуму. Для обеспечения возможности использования полной мощности станка на черновых операциях станочное приспособление должно иметь повышенную жесткость и вместе с тем его конструкция должна обеспечивать получение высокой точности на чистовых операциях.

Относительное перемещение заготовок и инструмента на станках с ЧПУ осуществляется в системе заранее заданных координат. Следовательно, заготовки должны иметь полное базирование, а их базы — строго определенное положение относительно начала координат станка, т. е. его нулевой точки.

Современные станки, снабженные числовым программным управлением, позволяют уменьшить время зажима-разжима заготовок, а значит, и время простоя станков. Эффективность таких станков характеризуется ростом производительности, сокращением срока подготовки производства и технологической оснастки, уменьшением брака, обеспечением взаимозаменяемости деталей, сокращением или полной ликвидацией разметочных и слесарно-подгоночных работ, существенным уменьшением трудоемкости изготовления деталей и повышением производительности труда.

В связи с изложенным основное место в данном учебнике уделяется принципам действия приспособлений для оснащения станков основных технологических групп и станков с ЧПУ.

В учебнике также приведены общие методологические положения по проектированию станочных приспособлений, усвоив

которые студент может творчески подойти к созданию приспособлений различного назначения.

При подготовке учебника были использованы отраслевые нормативно-технические материалы, государственные стандарты, проспекты отечественных и зарубежных фирм, справочная и производственная литература.

От других изданий, посвященных станочным приспособлениям, данный учебник отличается насыщенностью иллюстративного материала, анализом схем базирования и закрепления заготовок, наличием материала по прогрессивной технологической оснастке и оснастке для станков с ЧПУ и гибких производственных систем.

Учебник написан в соответствии с программой курса «Технологическая оснастка», посвященного станочным приспособлениям, который тесно связан с курсами «Процессы формообразования и инструменты», «Гидравлические и пневматические системы», «Технология машиностроения», «Оборудование машиностроительного производства» и др.

Учебник содержит сведения, которые могут быть использованы при конструировании технологической оснастки на предприятиях.

Развитие технологии машиностроения в настоящее время определяет ее важная составляющая часть — технологическая оснастка.

Технологической оснасткой являются средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. Например, к технологической оснастке относятся режущие инструменты, штампы, пресс-формы, литейные формы, приспособления.

Приспособления, предназначенные для установки заготовок или для направления режущих инструментов при выполнении технологических операций механической обработки на металлорежущих станках, называются станочными приспособлениями. В зависимости от типа станка станочные приспособления подразделяются на сверлильные, фрезерные, токарные, шлифовальные и др. С помощью станочных приспособлений и приспособлений для установки и закрепления режущего инструмента осуществляется наладка системы станок — приспособление — заготовка, обеспечивающей оптимальную работу и выполнение станочных операций.

Интенсификация производства в машиностроении связана с модернизацией оборудования на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка производства новых видов продукции машиностроения и их модернизация неизбежно включают в себя процессы проектирования средств технологического оснащения и их изготовления.

В машиностроении в общем объеме средств технологического оснащения примерно 50 % составляют станочные приспособления, применение которых позволяет:

- надежно базировать и закреплять обрабатываемую деталь с сохранением ее жесткости в процессе обработки;
- стабильно обеспечивать высокое качество обрабатываемых деталей при минимальной зависимости качества от квалификации рабочего;

- повысить производительность и облегчить условия труда за счет внедрения механизации;
- расширить технологические возможности используемого оборудования.

В процессе обработки детали образуется технологическая система, включающая в себя станок, приспособление, инструмент, заготовку, средства измерения и контроля, оператора и окружающую среду, воздействующую на систему человек — машина.

При обработке заготовки силы резания вызывают упругие деформации технологической системы. Колебания сил резания и жесткости элементов технологической системы в различных сечениях приводят к появлению погрешностей формы и размеров обрабатываемых деталей. Погрешности, возникающие под влиянием упругих деформаций, составляют 80 % от всех погрешностей обработки.

Следовательно, точность обрабатываемых деталей зависит от жесткости элементов технологической системы, т. е. с увеличением жесткости этих элементов повышается точность и производительность обработки. Особенно велика роль жесткости элементов в станках, на которых совмещены черновая и чистовая обработка. Также существенно зависит от жесткости вибрация станков, которая рассматривается как точность под нагрузкой.

Технологическая система — это система для выполнения технологических процессов и операций, в состав которой входят следующие компоненты: станок, станочное приспособление, инструмент, заготовка, средства измерения и контроля, оператор, окружающая среда и готовое изделие. Основное требование, предъявляемое к технологической системе, — обеспечение требуемых производительности и точности обработки (включая точность размеров, формы и взаимного расположения обработанных поверхностей, их волнистость и шероховатость). На точность обработки влияют все компоненты технологической системы.

Станок — это технологическая машина, предназначенная для размерной обработки заготовок, главным образом снятием стружки режущим инструментом. При этом используются также специальные методы обработки (электрофизические, электрохимические, лазерным лучом, пластическим деформированием) и операции, связанные с измерением или с контролем заготовок и деталей, а в ряде случаев и с их сборкой.

При работе станка учитываются следующие его параметры:

- жесткость, геометрическая и объемная точность, кинематическая точность, точность позиционирования, точность компоновки, точность настройки;
- температура, износ, скорость резания, подача, глубина резания.

Приспособление (станочное, сборочное, контрольное и др.) является одним из определяющих компонентов технологической системы. Приспособления должны обеспечивать заданную точность положения инструмента или заготовки при обработке на станке. Деформация и изнашивание зажимных элементов приспособления, посадочных, установочных и направляющих поверхностей изменяют начальные характеристики его точности и увеличивают с течением времени соответствующую составляющую суммарной погрешности обработки. Характеристики приспособлений: жесткость, геометрическая точность, точность установки, температура, износ.

Инструмент — компонент технологической системы, с использованием которого на заготовке образуется поверхность заданной формы. Характеристики инструмента: жесткость, точность, температура, материал, износ, конструкция.

Заготовка — предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготавливают деталь. Заготовку характеризуют:

- ее входные данные;
- жесткость, точность, материал, твердость, структура, температура;
- размер и форма необходимой технологической базы;
- размеры самой заготовки и точность ее установки.

Средства измерения и контроля различают по следующим признакам:

- тип и вид контролируемых величин;
- назначение (универсальные средства и специальные);
- число проверяемых параметров при одной установке объекта измерения (одномерные и многомерные);
- степень механизации и автоматизации измерений (ручные, механизированные, полуавтоматические, автоматические).

В машиностроении средства измерения и контроля используют для определения следующих геометрических величин: больших

длин и диаметров, линейных размеров, углов и конусов зубчатых колес, формы и расположения поверхностей зубчатых колес, размеров резьб, шпоночных и шлицевых соединений, толщины покрытия, шероховатости и волнистости.

Оператор — это рабочий-станочник, участвующий в осуществлении технологического процесса, который также может вносить погрешности в точность обработки или, наоборот, способствовать достижению более высокой точности. Процесс обработки — это реализация взаимодействий сложной системы человек — машина.

Окружающая среда — это совокупность физических, химических, биологических и психологических факторов, воздействующих на систему человек — машина.

Готовое изделие характеризуется размером, формой, взаимным расположением поверхностей, качеством поверхностного слоя, т.е. готовое изделие должно соответствовать определенным данным, соответствующим чертежу.

Центры — приспособления, предназначенные для фиксации заготовки детали типа валов, а также для центрирования и вращения им вращательного движения (поворот). Центры применяются для токарных и фрезерных станков.

Оправки — приспособления, предназначенные для фиксации деталей типа валов и дисков. Оправка состоит из основной оси, и ее базовой поверхностью является цилиндрическая поверхность и реже торцевая. Оправки применяются при токарных, фрезерных, шлифовальных, зубообрабатывающих и фрезерных работах.

Патроны и плашки — приспособления, предназначенные для базирования, закрепления деталей и для сообщения им вращательного движения. Патроны и плашки имеют корпус в виде тела вращения (вала, диска, цилиндра), в котором расположены постоянные или сменные установочные элементы — шпандары и др.). Конструкция патронов и плашек может быть с постоянными или сменными установочными элементами для закрепления и базирования деталей. Патроны и плашки могут быть с постоянными или сменными установочными элементами. Основными элементами являются шпандары, которые имеют контакт с подвижными элементами заготовки. Патроны и плашки могут быть с постоянными или сменными установочными элементами. Основными элементами являются шпандары, которые имеют контакт с подвижными элементами заготовки. Патроны и плашки могут быть с постоянными или сменными установочными элементами. Основными элементами являются шпандары, которые имеют контакт с подвижными элементами заготовки.

I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

РАЗДЕЛ

- Глава 1. Классификация приспособлений
- Глава 2. Основные положения теории базирования
- Глава 3. Элементы приспособлений
- Глава 4. Зажимные механизмы

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. УСТОЯВШИЕСЯ НАЗВАНИЯ СТАНОЧНОЙ ОСНАСТКИ

Применяемые в машиностроении приспособления, в том числе станочные, имеют определенные названия. Рассмотрим некоторые устоявшиеся названия приспособлений.

Центры — приспособления, предназначенные для центрирования деталей типа валов, а также для центрирования деталей и сообщения им вращательного движения (поводковые). В основном центры применяются для токарных и круглошлифовальных станков.

Оправки — приспособления, предназначенные для центрирования деталей типа втулок и дисков. Оправка вращается вокруг своей оси, и ее базовой поверхностью является, как правило, цилиндрическая поверхность и реже торцевая. Наиболее распространено применение оправок при токарных, круглошлифовальных, зубообрабатывающих и фрезерных работах.

Патроны и планшайбы — приспособления, предназначенные для базирования, закрепления деталей и для сообщения им вращательного движения. Патроны и планшайбы имеют корпус, выполненный в виде тела вращения (фланца, диска, цилиндра), на котором располагаются постоянные или сменные устройства (кулачки, пальцы — поводки и др.). Конструкция патрона предусматривает встроенный механизм с постоянными или сменными элементами, служащими для закрепления и базирования деталей. Патрон отличается от оправки тем, что закрепление детали типа втулки и ее базирование осуществляются не по всей поверхности отверстия, а по отдельным ее точкам, которые имеют контакт с подвижными зажимными элементами патрона. Планшайбы представляют собой устройства для закрепления и центрирования обрабатываемых деталей, при этом в них предусмотрена возможность установки смен-

ных крепежных элементов, в то время как встроенные постоянные механизмы для зажима в планшайбах отсутствуют.

Тиски — приспособления, предназначенные для зажима деталей между элементами, смонтированными на специальном корпусе (основании).

Столы и плиты — приспособления, предназначенные для закрепления деталей и размещения сменных элементов. Отличительные особенности этих приспособлений следующие: плоско-параллельная форма; наличие привода, используемого для закрепления деталей; наличие базовой поверхности с пазами, которые могут быть использованы для размещения сменных элементов. Столы и плиты могут иметь прямоугольную или круглую форму. Круглые столы и плиты могут поворачиваться относительно некоторой оси, что сообщает этим приспособлениям дополнительные возможности. Круглые (поворотные) столы напоминают патроны и планшайбы, только в отличие от патронов и планшайб, совершающих главное движение при обработке, столы совершают движение подачи.

Кондукторы — приспособления, предназначенные для направления инструмента в сверлильных и резьбонарезных операциях.

Делительные головки и приспособления предназначены для сверлильных и фрезерных работ.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПО СТЕПЕНИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Уточнение конструктивных особенностей приспособлений происходит посредством подразделения их на типы. В качестве признака, определяющего тип приспособления, выбирается степень универсальности (или специализации) оснастки.

По степени специализации технологическую оснастку можно подразделить на следующие группы:

- универсально-безналадочные приспособления;
- универсально-наладочные приспособления;
- универсально-сборные приспособления;
- сборно-разборные приспособления;
- неразборные специальные приспособления;
- специализированные наладочные приспособления;

■ универсально-сборные перенастраиваемые приспособления.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) включают в себя универсальные приспособления общего назначения: центры, поводковые устройства, оправки, токарные патроны, цанговые приспособления, плиты магнитные и электромагнитные, столы и т.д. Они изготавливаются как элементы, принадлежащие станку, заводом — изготовителем станков или специализированными предприятиями. Применяются УБП в единичном и мелкосерийном производстве.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) включают в себя приспособления, состоящие из постоянной части и сменных наладок. Постоянная часть во всех случаях остается неизменной, а сменная наладка заменяется в зависимости от конкретной обрабатываемой детали. Постоянная часть имеет корпус и зажимное устройство с приводом (чаще пневматическим). Иногда в нее встраивают делительное устройство и другие элементы (кроме опорных и направляющих). Постоянная часть изготавливается заранее и применяется многократно.

Перед очередным использованием УНП требуется произвести лишь смену наладки или некоторую дополнительную обработку. Наладка представляет собой сменные опорные и направляющие элементы. Каждый комплект наладки, предназначенный только для конкретной детали и конкретной операции обработки, в данном случае является специальным. С помощью УНП заготовка устанавливается с такой же точностью и быстротой, как и при использовании дорогостоящего специального приспособления. Универсальность УНП несколько ограничивается определенными размерами постоянной части, которая обычно нормализуется в пределах предприятия или отрасли. К числу нормализованных приспособлений, на базе которых собирают УНП, относятся машинные тиски, скальчатые кондукторы, пневматические патроны со сменными кулачками, планшайбы с переставными угольниками для растачивания на токарном станке деталей сложной формы и т.д. Универсально-наладочные приспособления применяются в серийном производстве, а на станках с ЧПУ — в мелкосерийном производстве.

Универсально-сборные приспособления (УСП) включают в себя приспособления, komponуемые из нормализованных деталей и узлов. Каждая компоновка УСП обладает всеми основными свойствами специального приспособления: предназначена для обработки конкретной детали на определенной операции, обеспечивает базирование заготовки без выверки и требуемую точность.

По истечении надобности в таком приспособлении оно разбирается на составные детали и узлы, которые могут многократно использоваться для компоновки других приспособлений. Отличительной особенностью УСП является крестообразное взаимно-перпендикулярное расположение на сопрягаемых поверхностях Т-образных и шпоночных пазов. Основные детали и сборочные единицы, из которых komponуются УСП, условно подразделяются на следующие группы:

- базовые детали (плиты прямоугольные и круглые, угольники);
- корпусные детали (опоры, призмы, подкладки и др.);
- установочные детали (шпонки, штыри, пальцы и др.);
- прижимные детали (прихваты, планки);
- крепежные детали (болты, шпильки, винты и др.);
- разные детали (ушки, вилки, хомутики, оси, рукоятки и др.);
- сборочные единицы (поворотные головки, кронштейны, центровые бабки и др.).

В приборостроении и машиностроении используются комплекты УСП с шириной П-образного и верхней части Т-образного пазов соответственно 8; 12 и 16 мм, образующие серии. Комплекты УСП применяются в единичном и мелкосерийном производстве. При использовании вместо ручных зажимов гидрозажимов или пневмозажимов УСП можно применять и в крупносерийном производстве. На станках с ЧПУ УСП применяются в единичном и мелкосерийном производстве.

Сборно-разборные приспособления (СРП) являются разновидностью УСП. В компоновках СРП в отличие от УСП число сборочных единиц преобладает над числом деталей. Эти приспособления переналаживаются посредством перекомпоновки, регулирования положений базирующих и зажимных элементов или замены сменных наладок. Обычно СРП собирают на период выпуска определенного изделия. После обработки партии деталей такое приспособление снимают со станка и хранят до запуска в обработку новой партии. Разбирают СРП только при смене объекта производства. Компонуются СРП из стандартных деталей и сборочных единиц, фиксируемых относительно друг друга системой палец — отверстие, для чего в базовых деталях имеются сетки точных координатно-фиксирующих отверстий. К столу станка детали и сборочные единицы СРП крепятся с помощью Т-образных пазов. Применяются эти приспособления в единичном и мелкосерийном производстве, а на станках с ЧПУ — в мелкосерийном производстве.

Неразборные специальные приспособления (НСП) служат для обработки только определенной детали на одной конкретной операции. Специальные приспособления имеют следующее преимущество: позволяют без выверки придать заготовке требуемое положение относительно станка и режущего инструмента и благодаря этому при одной настройке обработать всю партию заготовок. К НСП относятся патроны для токарных автоматов и полуавтоматов, мембранные патроны, гидропластмассовые приспособления и др. Применяются НСП в крупносерийном и массовом производстве. На станках с ЧПУ такие приспособления можно применять лишь в качестве исключения, если нельзя использовать ни одну из переналаживаемых систем.

Специализированные наладочные приспособления (СНП) обладают определенной универсальностью вследствие наличия в них элементов, допускающих наладку посредством регулировки. Благодаря этому одно и то же СНП можно применять для обработки ряда деталей одной конструкторско-технологической группы. К этим устройствам относятся переналаживаемые планшайбы, патроны, оправки, кондукторы и т. д. Применяются СНП в серийном и крупносерийном производстве, а также на станках с ЧПУ.

Универсально-сборные переналаживаемые приспособления (УСПО) представляют собой комплекс элементов, каждый из которых многократно используется и не требует подгонки к другим элементам. Такой комплекс элементов имеет повышенные износостойкость, виброустойчивость и стабильность точностных параметров. Материалом для более 80 % всех деталей УСПО служит сталь 12ХН3А. Жесткость конструкции УСПО позволяет в сравнении с УСП повысить скорость резания в 1,5—1,7 раза.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПО ЦЕЛЕВОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

Технологический процесс включает в себя операции закрепления заготовок и рабочего инструмента, сборочные, контрольные операции, а также операции захвата, перемещения и перевертывания заготовок. Следовательно, по целевому назначению все приспособления можно подразделить на следующие группы:

- станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. К ним относятся приспособления сверлильные, фрезерные, расточные, токарные и др. (различаются по группам станков);

- станочные приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента. К ним относятся патроны для сверл, разверток, метчиков, многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, инструментальные державки для токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. Эти приспособления называются вспомогательным инструментом;
- сборочные приспособления, т. е. используемые для соединения деталей в изделии. Они обеспечивают крепление базовых деталей собираемого изделия, правильную установку соединяемых элементов, предварительное деформирование устанавливаемых упругих элементов, операции запрессовки, клепки, развальцовывания;
- контрольные приспособления, применяемые для проверки заготовок при промежуточном и окончательном контроле деталей, а также при сборке машин;
- приспособления для захвата, перемещения и перевертывания заготовок, деталей и собираемых изделий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируются станочные приспособления по устойчивым названиям?
2. Как подразделяются станочные приспособления по степени специализации?
3. Как классифицируются станочные приспособления по целевому назначению?

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ

2.1. ПОНЯТИЕ О БАЗАХ И СХЕМАХ БАЗИРОВАНИЯ

При определении технологического процесса механической обработки необходимо выбирать установочные базы обрабатываемых деталей, от которых зависит точность их обработки. Установка обрабатываемой детали базовыми поверхностями в приспособлении определяет ее положение относительно режущего инструмента.

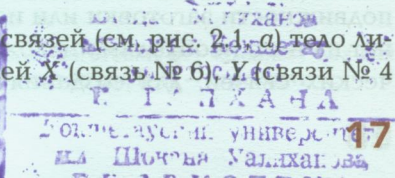
Применяются следующие основные способы установки детали на станке:

- с индивидуальной выверкой ее положения на станке или с выверкой ее положения по рискам и разметкам. Данный способ трудоемкий и используется только в условиях единичного или мелкосерийного производства;
- непосредственно в приспособлении. Этот способ обеспечивает точное положение детали в рабочей зоне станка, требует минимальных затрат вспомогательного времени и используется в серийном производстве.

Для того чтобы обрабатывать заготовку в пределах соответствующих допусков, необходимо понимать, что такое базирование и какие схемы базирования существуют.

Базирование — придание заготовке или изделию, установленному в приспособлении, требуемого положения относительно режущего инструмента и неподвижных частей станка в выбранной системе координат. Согласно теоретической механике, требуемое положение или движение твердого тела относительно выбранной системы координат достигается наложением геометрических связей (рис. 2.1, а).

При наложении геометрических связей (см. рис. 2.1, а) тело лишается трех перемещений: вдоль осей X (связь № 6), Y (связи № 4



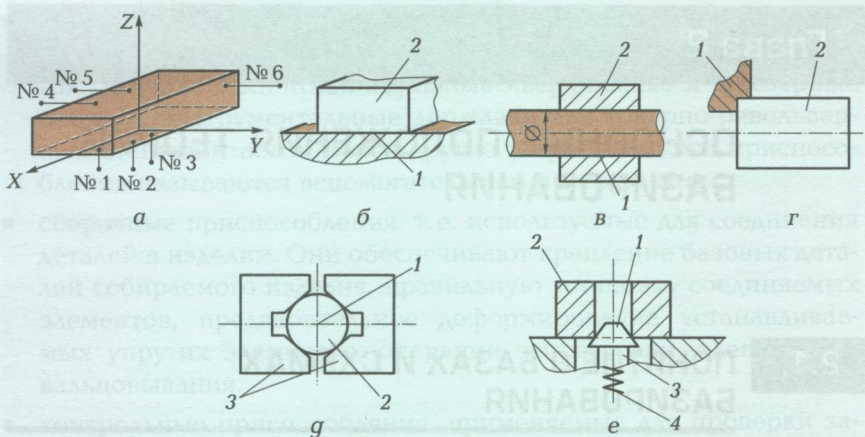


Рис. 2.1. Геометрические связи при базировании и виды баз:

а — геометрические связи; б — база — плоская поверхность; в — база — цилиндрическая поверхность; г — база — сочетание поверхностей; д — база — ось; е — база — точка; 1 — база; 2 — деталь; 3 — центрирующая призма (палец); 4 — пружина

и 5), Z (связи № 1, 2 и 3), а также трех поворотов вокруг этих осей (связи № 1, 2 и 3 — вокруг осей X и Y и связи № 4 и 5 — вокруг оси Z), т.е. тело становится неподвижным в системе XYZ . Наложение двухсторонних геометрических связей достигается соприкосновением поверхностей тела с поверхностями других тел, к которым оно присоединяется, и приложением сил или моментов для обеспечения контакта между ними.

База — это поверхность, сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию, которые используются для базирования (рис. 2.1, б—е).

Схемы базирования представляют собой шесть связей, лишаящих тело движения в шести направлениях, которые создаются за счет контакта соединяемых тел в шести точках. В случае идеализации формы поверхностей можно считать, что наложение необходимых связей достигается за счет контакта тел по поверхностям, а наличие связей символизируется опорными точками.

Опорная точка — это символ одной из связей заготовки или изделия с избранной системой координат. Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на него необходимо наложить шесть двухсторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз.

Если в соответствии со служебным назначением изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается.

Комплект баз — это совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

Схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия показана на рис. 2.2, а.

Все опорные точки на схеме базирования изображаются условными знаками и номеруются по порядку, начиная с базы, на которой располагается наибольшее число опорных точек.

При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображается одна точка и около ее номера в скобках проставляется номер второй точки. Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

По лишаемым степеням свободы различают следующие базы (см. рис. 2.2, а):

- установочная (точки 1—3, плоскость I) — база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы, т.е. перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей;
- направляющая (точки 4, 5, плоскость II) — база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы, т.е. перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси;

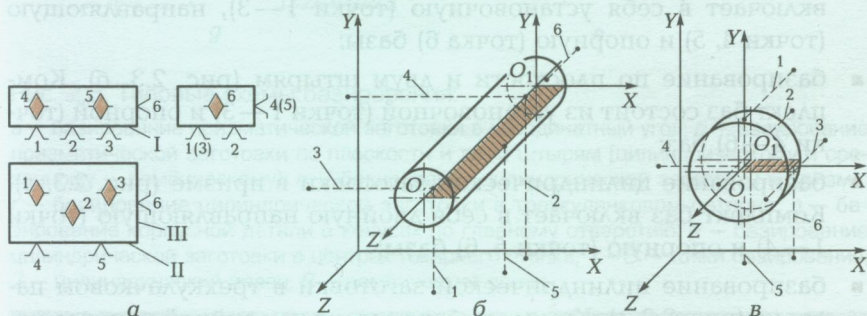


Рис. 2.2. Схема расположения опорных точек и комплекты баз для вала и диска:

а — схема расположения опорных точек на базах заготовки; б — комплект баз для вала; в — комплект баз для диска; 1—6 — опорные точки; I—III — плоскости

- опорная (точка 6, плоскость III) — база, лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы, т.е. перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

В зависимости от формы детали и поверхностей, которые необходимо обрабатывать в приспособлении, деталь может иметь различный комплект баз. Например, схема базирования детали типа валика или диска имеет различный комплект баз. Для валика, изображенного на рис. 2.2, б, комплектом баз являются двойная направляющая база (точки 1 — 4) и опорные точки (5, 6).

Для диска (рис. 2.2, в) комплектом баз являются установочная база (точки 1 — 3), двойная опорная база (точки 4, 5) и опорная база (точка 6).

Устойчивость и жесткость установки определяются соответствующими размерами и взаимным расположением базовых поверхностей с учетом конструктивных особенностей заготовки. Обычно заготовки подразделяют на следующие группы:

- корпусные заготовки (призматические, фланцевые);
- валы;
- диски;
- полые цилиндры (гильзы, втулки);
- некруглые стержни (рычаги, шатуны).

Некруглые стержни — это вариант комбинированной корпусной заготовки.

В зависимости от формы заготовки различают следующие шесть схем базирования в приспособлении (рис. 2.3):

- базирование в координатный угол (рис. 2.3, а). Комплект баз включает в себя установочную (точки 1 — 3), направляющую (точки 4, 5) и опорную (точка 6) базы;
- базирование по плоскости и двум штырям (рис. 2.3, б). Комплект баз состоит из установочной (точки 1 — 3) и опорной (точки 4 — 6) баз;
- базирование цилиндрической заготовки в призме (рис. 2.3, в). Комплект баз включает в себя двойную направляющую (точки 1 — 4) и опорную (точки 5, 6) базы;
- базирование цилиндрической заготовки в трехкулачковом патроне (рис. 2.3, г). Комплект баз состоит из двойной направляющей (точки 1 — 4) и опорных (точки 5, 6) баз;
- базирование корпусной детали в конусах по главному отверстию (рис. 2.3, г). Комплект баз включает в себя двойную направляющую (точки 1 — 4) и опорные (точки 5, 6) базы;

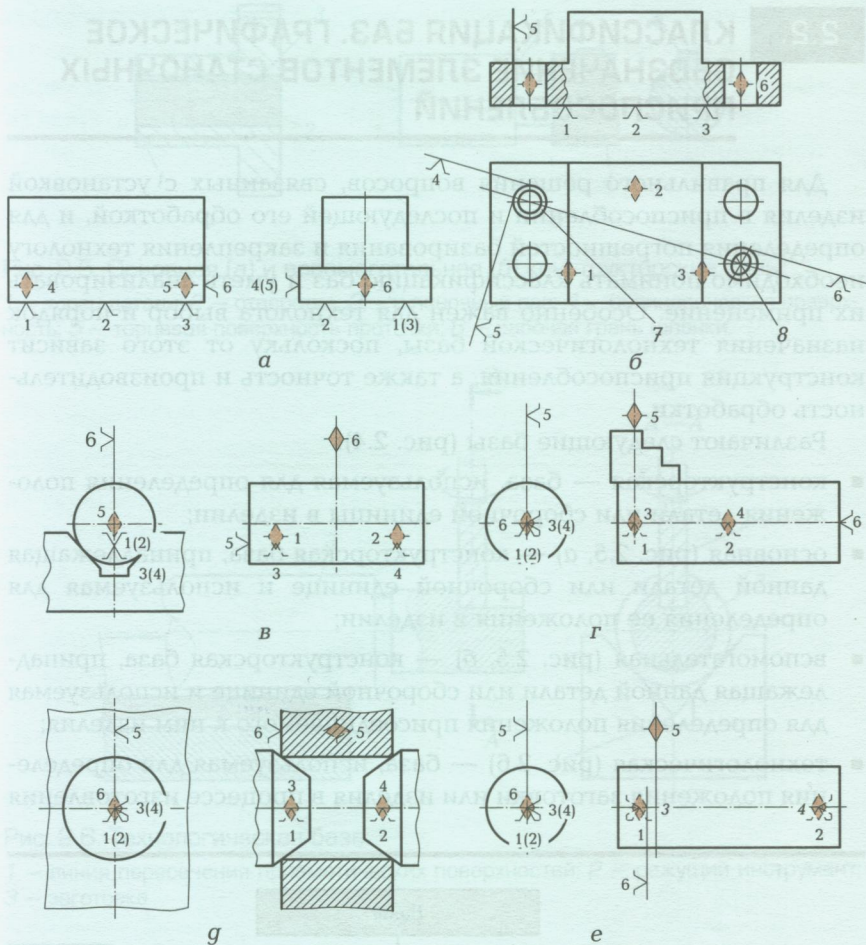


Рис. 2.3. Типовые схемы базирования:

а — базирование призматической заготовки в координатный угол; *б* — базирование призматической заготовки по плоскости и двум штырям (цилиндрическому и срезанному — ромбическому); *в* — базирование цилиндрической заготовки в призме; *г* — базирование цилиндрической заготовки в трехкулачковом патроне; *д* — базирование корпусной детали в конусах по главному отверстию; *е* — базирование цилиндрической заготовки в центрах токарного станка; 1—6 — точки базирования; 7 — цилиндрический палец; 8 — ромбический палец

■ базирование цилиндрической заготовки в центрах токарного станка (рис. 2.3, *е*). Комплект баз состоит из двойной направляющей (точки 1—4) и опорных (точки 5, 6) баз.

Для правильного решения вопросов, связанных с установкой изделия в приспособлении и последующей его обработкой, и для определения погрешностей базирования и закрепления технологю необходимо понимать классификацию баз и уметь анализировать их применение. Особенно важен для технолога выбор и порядок назначения технологической базы, поскольку от этого зависит конструкция приспособления, а также точность и производительность обработки.

Различают следующие базы (рис. 2.4):

- конструкторская — база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии;
- основная (рис. 2.5, а) — конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии;
- вспомогательная (рис. 2.5, б) — конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия;
- технологическая (рис. 2.6) — база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления



Рис. 2.4. Классификация баз

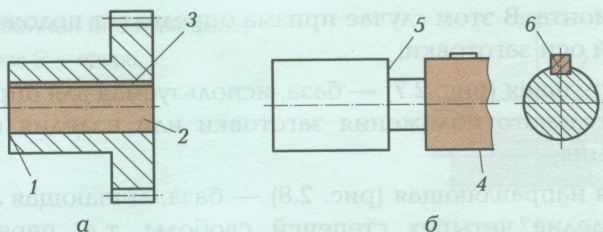


Рис. 2.5. Основная [а] и вспомогательная [б] конструкторские базы:

1 — торец детали; 2 — отверстие; 3 — шпоночный паз; 4 — цилиндрическая поверхность; 5 — торцевая поверхность проточки; 6 — рабочая грань шпонки

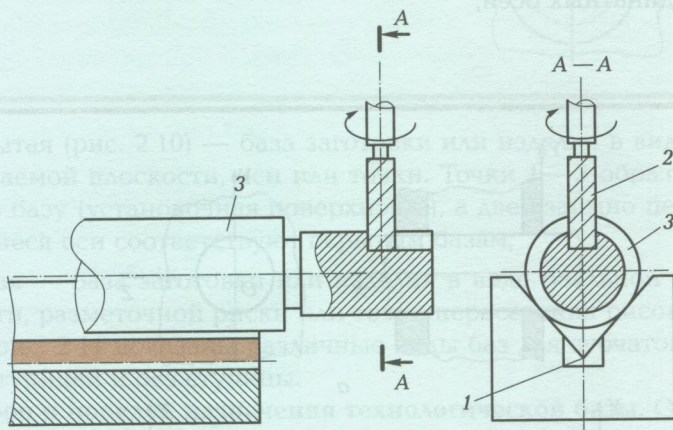


Рис. 2.6. Технологическая база:

1 — линия пересечения призматических поверхностей; 2 — режущий инструмент; 3 — заготовка

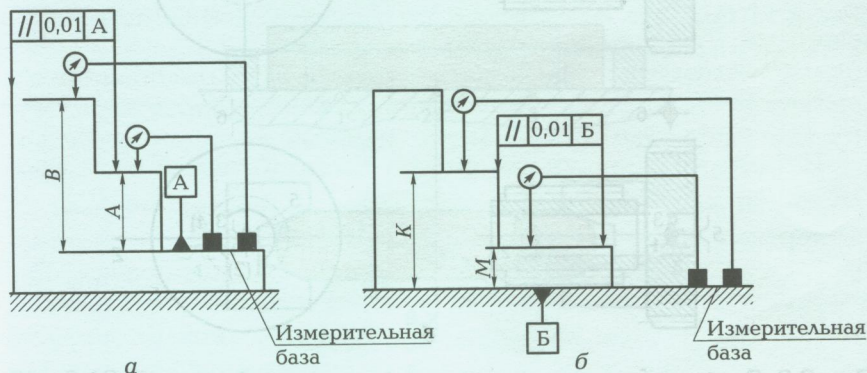


Рис. 2.7. Виды (а, б) измерительных баз

или ремонта. В этом случае призма определяет положение продольной оси заготовки;

- измерительная (рис. 2.7) — база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения;
- двойная направляющая (рис. 2.8) — база, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы, т.е. перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей;
- двойная опорная (рис. 2.9) — база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы, т.е. перемещений вдоль двух координатных осей;

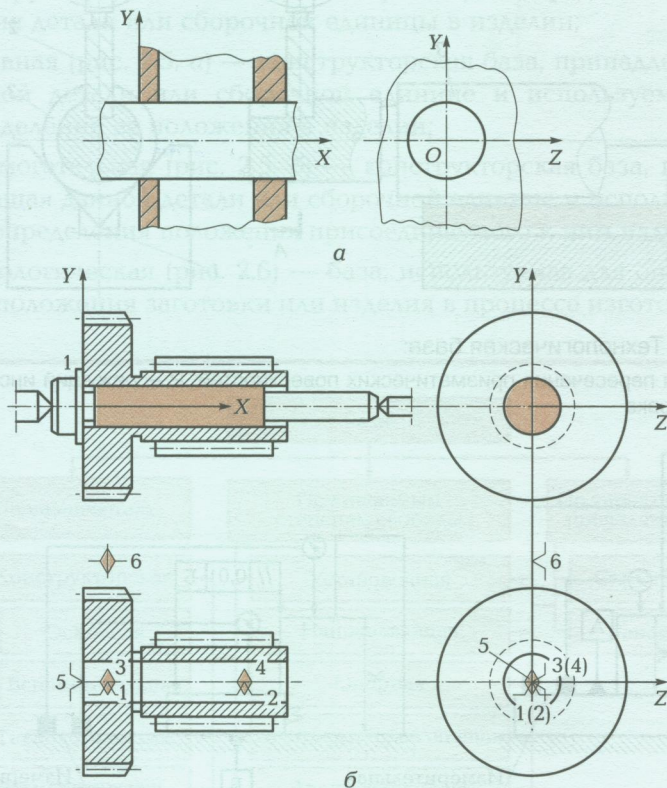
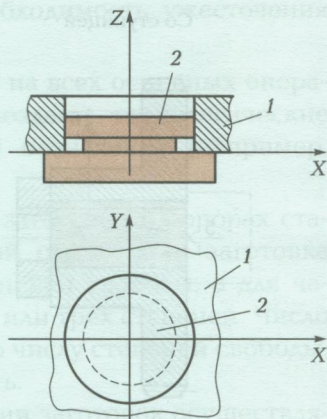


Рис. 2.8. Двойная направляющая база (а) и схемы установки и базирования (б)

Рис. 2.9. Двойная опорная база:

1 — заготовка; 2 — опора



■ скрытая (рис. 2.10) — база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки. Точки 1—3 образуют явную базу (установочная поверхность), а две взаимно пересекающиеся оси соответствуют скрытым базам;

■ явная — база заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

На рис. 2.11 показаны различные виды баз для зубчатого колеса со ступицей и без ступицы.

Выбор и порядок назначения технологической базы. От выбора технологической базы зависят:

- конструкция приспособления;
- точность и производительность обработки.

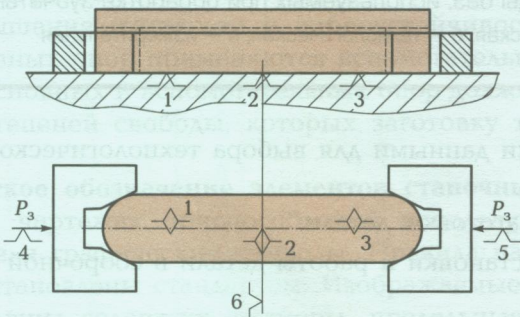
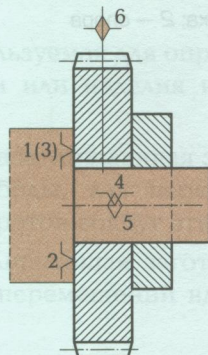
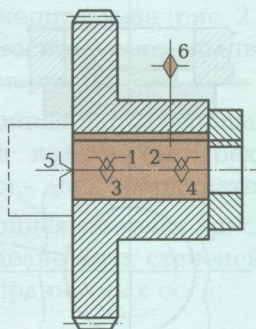


Рис. 2.10. Скрытая база:

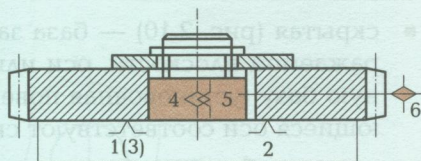
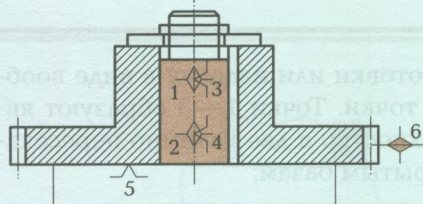
P_3 — усилие зажима

Со ступицей

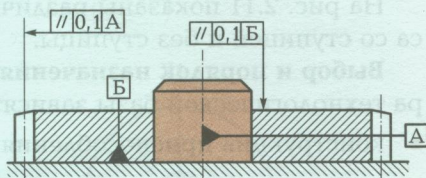
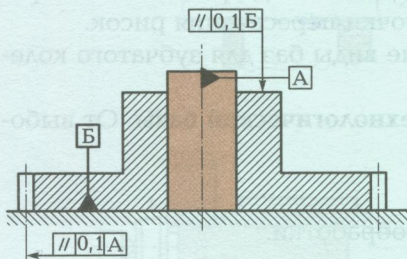
Без ступицы



а



б



в

Рис. 2.11. Виды баз, используемых при обработке зубчатых колес:

а — конструкторская; б — технологическая; в — измерительная

Исходными данными для выбора технологической базы являются:

- чертежи заготовки, детали;
- условия установки и работы детали в сборочной единице (изделии).

При выборе технологических баз требуется:

- учитывать возможность их совмещения с конструкторскими и измерительными базами. При несовмещенных базах возника-

ют погрешности базирования и необходимость ужесточения допусков;

- соблюдать принцип постоянства базы на всех основных операциях обработки. Для этого часто создают технологические базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда валов);
- обеспечивать хорошую устойчивость заготовки на опорах станочного приспособления. Для полной ориентации заготовка должна быть лишена всех шести степеней свободы, а для частичной ориентации — пяти, четырех или трех степеней. Число основных опор приспособления равно числу степеней свободы, которых заготовку необходимо лишить.

Назначение баз при полной ориентации заготовок осуществляется в следующем порядке:

- назначают комплект баз;
- выбирают из комплекта баз установочную или двойную направляющую базу, т.е. лишают заготовку наибольшего числа степеней свободы;
- назначают число, вид и место расположения опор для выбранной базы;
- определяют, каких степеней свободы будет лишена заготовка с помощью выбранной базы;
- выбирают число, вид и место расположения опор для второй базы (эти опоры не должны дублировать назначение опор, выбранных ранее);
- назначают число вид и место опор для третьей базы комплекта (опоры для этой базы не должны дублировать назначение опор, выбранных ранее).

Для повышения жесткости и виброустойчивости заготовки кроме основных опор применяются вспомогательные. Суммарное число основных и вспомогательных опор должно быть больше числа степеней свободы, которых заготовку требуется лишить.

Графическое обозначение элементов станочных приспособлений. На чертежах приспособлений используют условные обозначения и графические символы. Правила нанесения обозначений установлены стандартом. Изображаемые на чертежах изделия должны содержать размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости баз, опор, зажимов, установочных элементов и др.

Для приводов зажимных механизмов применяют следующие обозначения: *P* — пневматический; *H* — гидравлический; *E* — электрический; *M* — магнитный; *ЕМ* — электромагнитный; без обозначения — прочие.

В табл. 2.1 представлены графические обозначения опор станочных приспособлений.

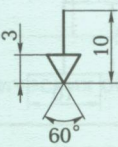
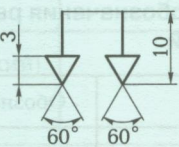
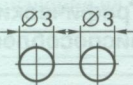
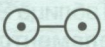
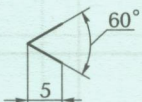
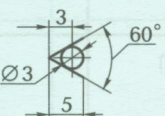
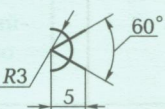
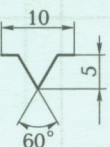
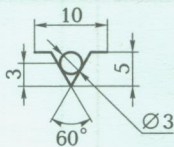
В табл. 2.2 приведены графические обозначения основных форм рабочих поверхностей опорных элементов.

В табл. 2.3 даны примеры графических обозначение опор, зажимов и установочных элементов.

В табл. 2.4 приведены параметры графических обозначений способов установки заготовок.

Таблица 2.1. Графические обозначения элементов станочных приспособлений по ГОСТ 3.1107–81

Элемент приспособления	Обозначение на видах чертежа		
	Спереди, сбоку, сзади	Сверху	Снизу
Опора:			
неподвижная			
подвижная			
плавающая			
регулируемая			

Элемент приспособления	Обозначение на видах чертежа		
	Спереди, сбоку, сзади	Сверху	Снизу
Зажим:			
одиночный			
двойной			
Установочный элемент:		Без обозначения	
центр неподвижный			
центр вращающийся			
центр плавающий			
Оправка цилиндрическая			
Оправка шариковая (роликовая)			

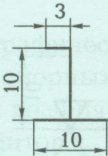
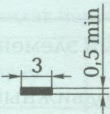
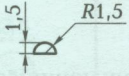
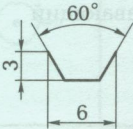
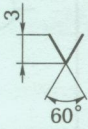
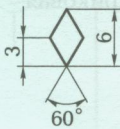
Элемент приспособления	Обозначение на видах чертежа		
	Спереди, сбоку, сзади	Сверху	Снизу
Патрон поводковый			

Таблица 2.2. Графические обозначения рабочих поверхностей элементов приспособлений

Рабочая поверхность	Обозначение на всех видах чертежа
Плоская	
Сферическая	
Цилиндрическая (шариковая)	
Призматическая	
Коническая	
Ромбическая	

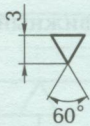
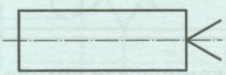
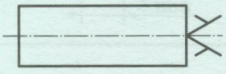
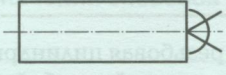
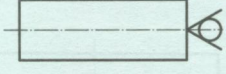
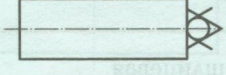
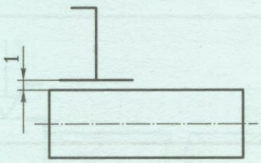
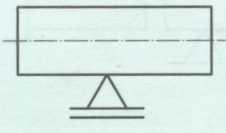
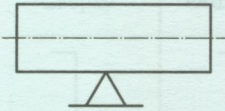
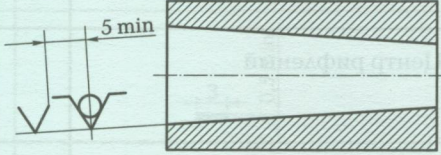
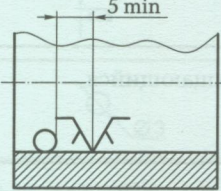
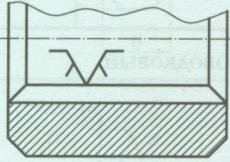
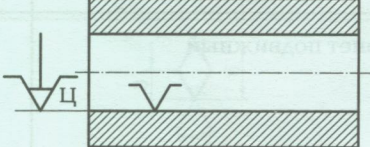
Рабочая поверхность	Обозначение на всех видах чертежа
Трехгранная	

Таблица 2.3. Примеры графических обозначений опор, зажимов и установочных элементов

Приспособление	Обозначение на чертеже
Центр неподвижный (гладкий)	
Центр рифленый	
Центр плавающий	
Центр вращающийся	
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
Патрон поводковый	
Люнет подвижный	

Приспособление	Обозначение на чертеже
Люнет неподвижный	
Оправка цилиндрическая	
Оправка коническая роликовая	
Оправка резьбовая цилиндрическая с наружной резьбой	
Оправка шлицевая	
Оправка цанговая	

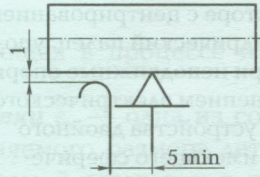
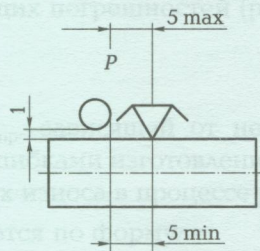
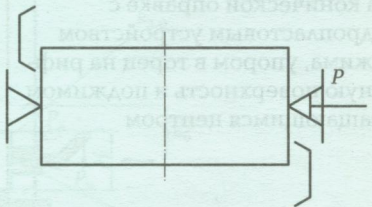
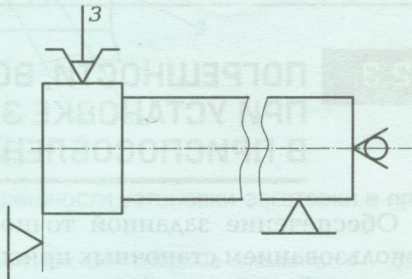
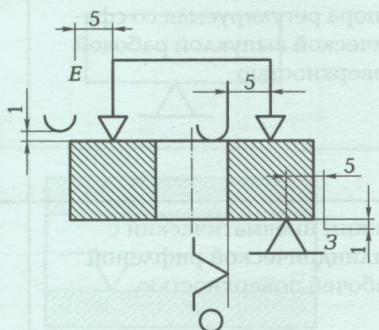
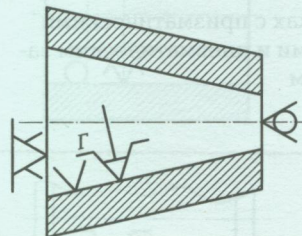
Приспособление	Обозначение на чертеже
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью	
Зажим пневматический с цилиндрической рифленной рабочей поверхностью	

Таблица 2.4. Примеры графических обозначений способов установки заготовок

Способ установки заготовки	Обозначение на чертеже
В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом	
В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, упором в торец, поджимом вращающимся центром и креплением в подвижном люнете	

Способ установки заготовки	Обозначение на чертеже
В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, упором на три неподвижные опоры и применением электрического привода устройства двойного зажима, имеющего сферические рабочие поверхности	
На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, упором в торец на рифленую поверхность и поджимом вращающимся центром	

2.3. ПОГРЕШНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ УСТАНОВКЕ ЗАГОТОВКИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием станочных приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок.

Суммарная погрешность выполнения любой операции механической обработки включает в себя:

- погрешность установки заготовки в приспособлении;
- погрешность настройки станка;
- погрешность обработки, возникающая в процессе изготовления детали.

Погрешность установки заготовки ε_y — одна из составляющих суммарной погрешности выполняемого размера детали, возникающая при установке обрабатываемой заготовки в приспособлении. Она складывается из следующих погрешностей (рис. 2.12):

- погрешности базирования $\varepsilon_б$;
- погрешности закрепления $\varepsilon_з$;
- погрешности положения детали $\varepsilon_{пр}$, зависящей от неточности приспособления и определяемой ошибками изготовления и сборки его установочных элементов и их износа в процессе работы.

Погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_{з.о}^2} + \varepsilon_{з.и} + \varepsilon_{и} + \varepsilon_{ус} + \varepsilon_{с},$$

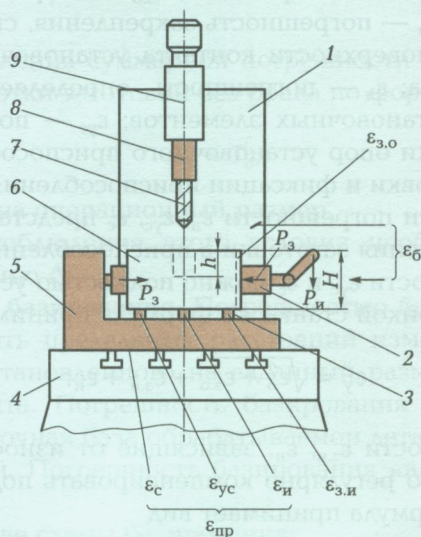


Рис. 2.12. Схема возникновения погрешности установки заготовки в приспособлении:

1 — станина станка; 2 — зажимное устройство; 3 — опорные элементы; 4 — стол станка; 5 — базовая плита (корпус приспособления); 6 — заготовка; 7 — режущий инструмент; 8 — патрон; 9 — привод

Настройка фрезы на размер H

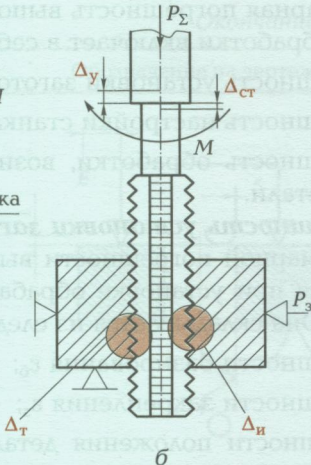
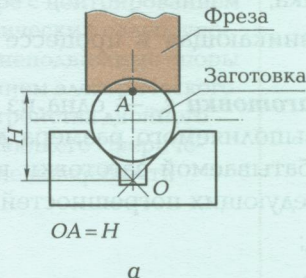


Рис. 2.13. Схемы возникновения погрешности настройки (а) и погрешности обработки на станке (б):

P_Σ — осевое усилие; P_3 — усилие зажима

где ϵ_6 — погрешность базирования; $\epsilon_{3.0}$ — погрешность закрепления основная; $\epsilon_{3.и}$ — погрешность закрепления, связанная с изменением формы поверхности контакта установочного элемента в результате износа; $\epsilon_{и}$ — погрешность, определяемая прогрессивным износом установочных элементов; ϵ_{yc} — погрешность изготовления и сборки опор установочного приспособления; ϵ_c — погрешность установки и фиксации приспособления на станке.

В совокупности погрешности $\epsilon_{и}$, ϵ_{yc} , ϵ_c представляют собой погрешность положения заготовки в приспособлении $\epsilon_{пр}$.

Если погрешности ϵ_{yc} и ϵ_c можно полностью устранить соответствующей настройкой станка, то формула принимает вид

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_{3.0}^2} + \epsilon_{3.и} + \epsilon_{и}.$$

Если погрешности $\epsilon_{3.и}$, $\epsilon_{и}$, зависящие от износа установочных элементов, можно регулярно компенсировать поднастройкой инструмента, то формула принимает вид

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_{3.0}^2}.$$

Погрешность настройки станка Δ_n возникает при установке режущего инструмента на размер (рис. 2.13, а).

Погрешность обработки $\Delta_{\text{обр}}$ обусловлена следующими факторами (рис. 2.13, б):

- размерный износ режущего инструмента $\Delta_{\text{и}}$;
- упругие деформации технологической системы под влиянием сил резания $\Delta_{\text{у}}$;
- геометрическая неточность станка $\Delta_{\text{с}}$;
- температурные деформации технологической системы $\Delta_{\text{т}}$.

При выполнении обработки на станках с ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления. Суммарные погрешности обработки деталей на настроенных станках определяются по следующим формулам:

- для диаметральных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_{\text{у}}^2 + \Delta_{\text{и}}^2 + (1,73\Delta_{\text{и}})^2 + (1,73\Delta_{\text{ст}})^2 + (1,73\Delta_{\text{т}})^2};$$

- для линейных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\text{у}}^2 + \Delta_{\text{у}}^2 + \Delta_{\text{и}}^2 + (1,73\Delta_{\text{и}})^2 + (1,73\Delta_{\text{ст}})^2 + (1,73\Delta_{\text{т}})^2}.$$

После определения суммарной погрешности проверяется возможность обработки заготовки без брака по формуле

$$\Delta_{\Sigma} \leq T_d,$$

где T_d — допуск на операционный размер.

В случае несоблюдения этого условия необходимо принять меры по снижению Δ_{Σ} .

Погрешность базирования. Погрешностью базирования $\varepsilon_{\text{б}}$ называется разность предельных расстояний измерительной базы относительно установленного на заданный размер детали режущего инструмента. Погрешность базирования возникает, когда опорная установочная база обрабатываемой детали не совмещена с измерительной. Погрешность базирования является случайной погрешностью.

Рассмотрим две схемы базирования:

- схему базирования при условии совпадения опорной установочной и измерительной баз (рис. 2.14);
- схему базирования при условии несовпадения опорной установочной и измерительной баз (рис. 2.15).

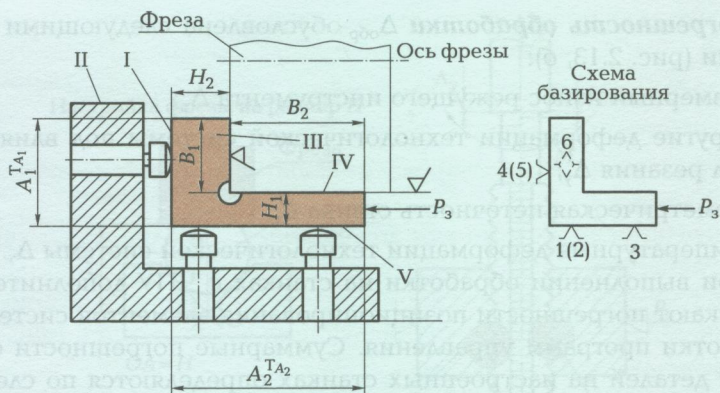


Рис. 2.14. Схема базирования при совпадении опорной установочной и измерительной баз

На рис. 2.14 боковая установочная база I обрабатываемой детали одновременно является и измерительной базой для поверхности III, поэтому погрешность базирования для размера H_2 равна нулю ($\epsilon_{6H2} = 0$). Нижняя опорная база V является установочной и измерительной базой для обрабатываемой поверхности IV, поэтому погрешность базирования для размера H_1 равна нулю ($\epsilon_{6H1} = 0$).

На настроенном станке ось фрезы занимает определенное положение, а измерительная база II для партии обрабатываемых деталей будет изменять свое положение от $A_{1\max}$ до $A_{1\min}$ (рис. 2.15),

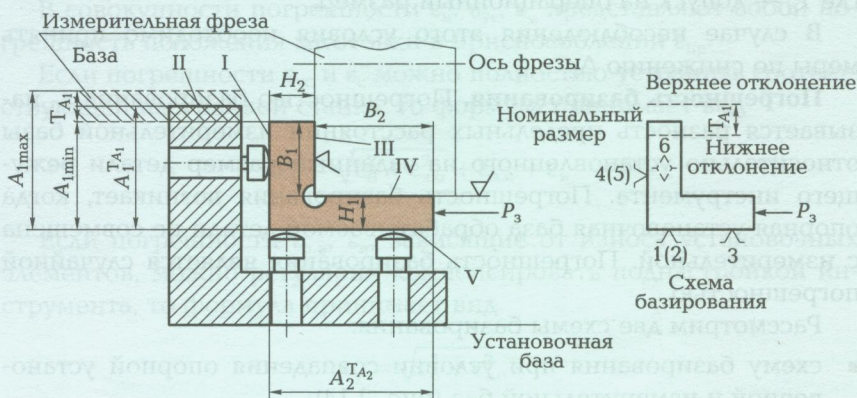


Рис. 2.15. Схема базирования при несовпадении опорной установочной и измерительной баз

т.е. в пределах допуска T_{A_1} на размер A_1 . Следовательно, погрешность базирования для размера B_1 равна допуску T_{A_1} на размер A_1 между установочной базой V и измерительной базой II.

Погрешность базирования определяется предельным полем рассеяния между технологической и измерительной базами в направлении выдерживаемого размера. Приблизительно погрешность базирования можно оценивать разностью между наибольшим и наименьшим значениями указанного расстояния.

Значение погрешности базирования зависит от принятой схемы базирования и точности выполнения баз заготовок (включая отклонения размера, формы и взаимного расположения баз). Значения ε_6 определяются соответствующими геометрическими расчетами или анализом размерных цепей.

В общем случае погрешность базирования следует определять исходя из пространственной схемы расположения заготовки. Однако для упрощенных расчетов обычно ограничиваются рассмотрением смещений только в одной плоскости, т.е. используют плоскую схему расчета.

Для рассмотрения вопросов базирования заготовки по конструктивному исполнению можно подразделить на следующие группы:

- корпусные (призматические, фланцевые);
- валы;
- диски;
- полые цилиндры (гильзы, втулки);
- комбинированные детали (рычаги, шатуны).

Такая классификация позволяет упростить подход к разработке схем базирования.

Рассмотрим соответствующие схемы базирования.

Для **корпусных деталей** применяются следующие схемы базирования:

- базирование в координатный угол (см. рис. 2.15);
- базирование по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям и одному отверстию (рис. 2.16);
- базирование на одну плоскость и два отверстия (рис. 2.17);
- базирование призматической заготовки на одну плоскость и три отверстия (рис. 2.18);
- базирование фланцевой заготовки на плоскость и палец короткий или длинный (рис. 2.19).

Из всех схем базирования наиболее простой и надежной является установка заготовки в координатный угол, так как в этом случае противодействие силам резания оказывают реакции опор (см. рис. 2.15). Совмещение измерительной и установочной технологической баз по этой схеме не представляет сложности, но зажим в этом случае осуществляется по трем поверхностям, что затрудняет свободный подход инструмента к заготовке.

Базирование по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям и одному отверстию (рис. 2.16) может выполняться по разным схемам. На рис. 2.16, а цилиндрический палец 2 ориентирует заготовку

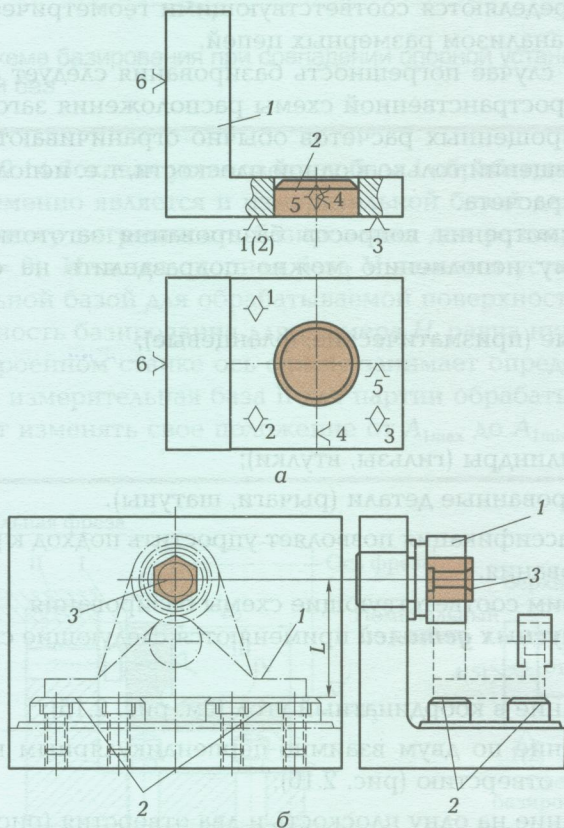


Рис. 2.16. Базирование по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям и одному отверстию: •

а — схема базирования с цилиндрическим пальцем: 1 — заготовка; 2 — цилиндрический палец; б — схема установки детали на срезанный палец: 1 — заготовка; 2 — опорные пластины; 3 — срезанный палец

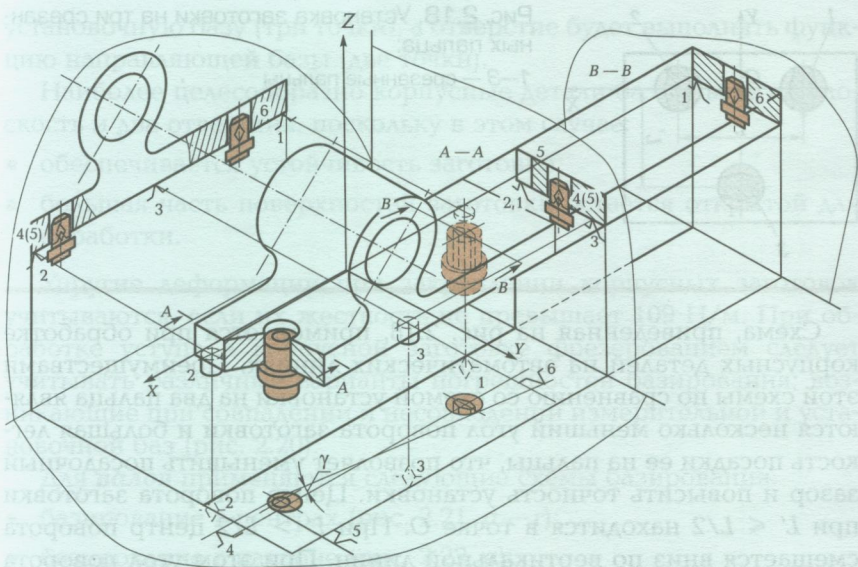


Рис. 2.17. Установка корпуса на одну плоскость и два пальца

ку 1 относительно своей оси. На рис. 2.16, б показана схема установки детали 1 в приспособление нижней плоскостью на пластины 2 и отверстием на срезанный палец 3 с упором в торец. Чтобы обеспечить установку всех обрабатываемых деталей нижней плоскостью на опорные пластины 2 приспособления, применяют срезанный палец 3, который увеличивает зазор между пальцем и отверстием детали в направлении размера L между плоскостью и осью отверстия.

Корпус, показанный на рис. 2.17, устанавливается на одну плоскость и два пальца.

В этой схеме устанавливается шесть базирующих точек, а не семь, несмотря на то, что второй палец должен также лишить заготовку двух степеней свободы. Для того чтобы освободиться от одной степени свободы, второй палец срезают.

Обычно межцентровое расстояние отверстий устанавливают в допуске $\pm 0,003 \dots 0,100$ мм.

На рис. 2.18 все три пальца выполняются срезанными.

Пальцы 1 и 2, расположенные вертикально, ограничивают перемещение заготовки вдоль оси Y , а палец 3, расположенный горизонтально, ограничивает ее перемещение вдоль оси X . Условия обеспечения установки заготовки на три пальца определяются при их попарном рассмотрении (1—2, 1—3, 2—3).

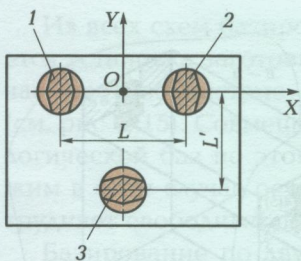


Рис. 2.18. Установка заготовки на три срезанных пальца:

1—3 — срезанные пальцы

Схема, приведенная на рис. 2.18, применяется при обработке корпусных деталей на автоматических линиях. Преимуществами этой схемы по сравнению со схемой установки на два пальца являются несколько меньший угол поворота заготовки и большая легкость посадки ее на пальцы, что позволяет уменьшить посадочный зазор и повысить точность установки. Центр поворота заготовки при $L' \leq L/2$ находится в точке O . При $L' > L/2$ центр поворота смещается вниз по вертикальной линии. При этом угол поворота уменьшается. Недостатки схемы базирования на три срезанных пальца состоят в быстром износе пальцев и меньшей точности установки заготовки.

Схемы базирования фланцевой заготовки на плоскость и палец длинный или короткий различные. При установке на длинный палец (рис. 2.19, а) базирование будет осуществляться по отверстию и торцу. В этом случае отверстие будет выполнять функцию двойной направляющей базы (четыре точки), а торец — функцию опорной точки (одна точка). В случае базирования на короткий палец (рис. 2.19, б) плоскость заготовки будет представлять собой

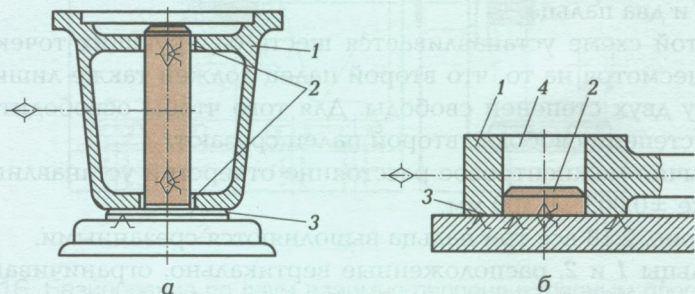


Рис. 2.19. Схемы базирования фланцевой заготовки на плоскость и палец: а — базирование на длинный палец; б — базирование на короткий палец; 1 — заготовка; 2 — двойная направляющая база; 3 — торец; 4 — отверстие

установочную базу (три точки), а отверстие будет выполнять функцию направляющей базы (две точки).

Наиболее целесообразно корпусные детали базировать на плоскость и два отверстия, поскольку в этом случае:

- обеспечивается устойчивость заготовки;
- большая часть поверхностей заготовки остается открытой для обработки.

Упругие деформации при закреплении корпусных заготовок учитываются, если их жесткость не превышает 109 Н/м. При обработке уступа в корпусной заготовке фрезерованием следует учитывать различные варианты погрешностей базирования, возникающие при совпадении и несовпадении измерительной и установочной баз (рис. 2.20).

Для **валов** применяются следующие схемы базирования:

- базирование в центрах (рис. 2.21, а — г);
- базирование в патроне (рис. 2.22, а);
- базирование в призме (рис. 2.23, а).

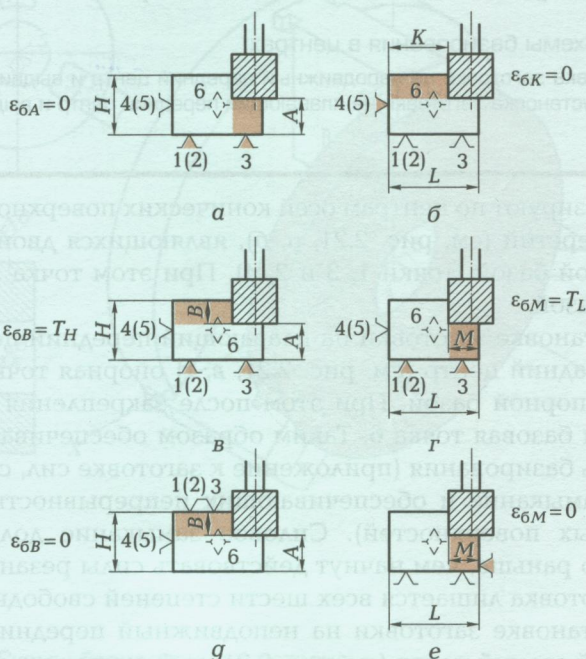


Рис. 2.20. Различные схемы (а—е) обработки уступа

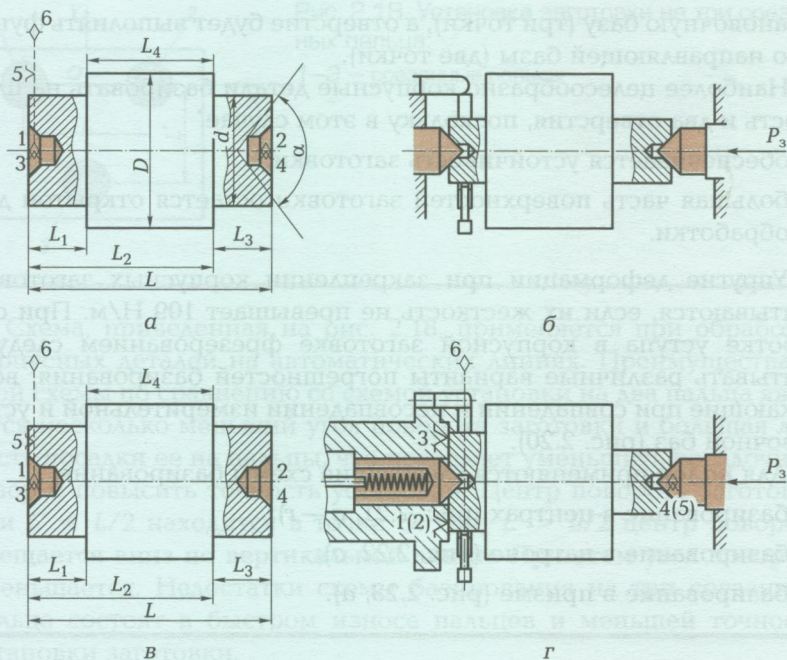


Рис. 2.21. Схемы базирования в центрах:

а, б — установка заготовки на неподвижный передний центр и выдвижной задний центр; в, г — установка заготовки на плавающий передний центр и выдвижной задний центр

Валы базируют по центрам осей конических поверхностей центровых отверстий (см. рис. 2.21, а, б), являющихся двойной опорной скрытой базой (точки 1, 3 и 2, 4). При этом точка 5 является опорной базой.

При установке заготовки на плавающий передний центр и выдвижной задний центр (см. рис. 2.21, в, г) опорная точка 5 также является опорной базой. При этом после закрепления заготовки появляется базовая точка 6. Таким образом обеспечивается определенность базирования (приложение к заготовке сил, создающих силовое замыкание и обеспечивающих непрерывность контакта сопрягаемых поверхностей). Силовое замыкание должно быть приложено раньше, чем начнут действовать силы резания. В этом случае заготовка лишается всех шести степеней свободы.

При установке заготовки на неподвижный передний центр и выдвижной задний центр (см. рис. 2.21, а, б) опорная точка 5 перемещается на ось левого центрового отверстия в зависимости от

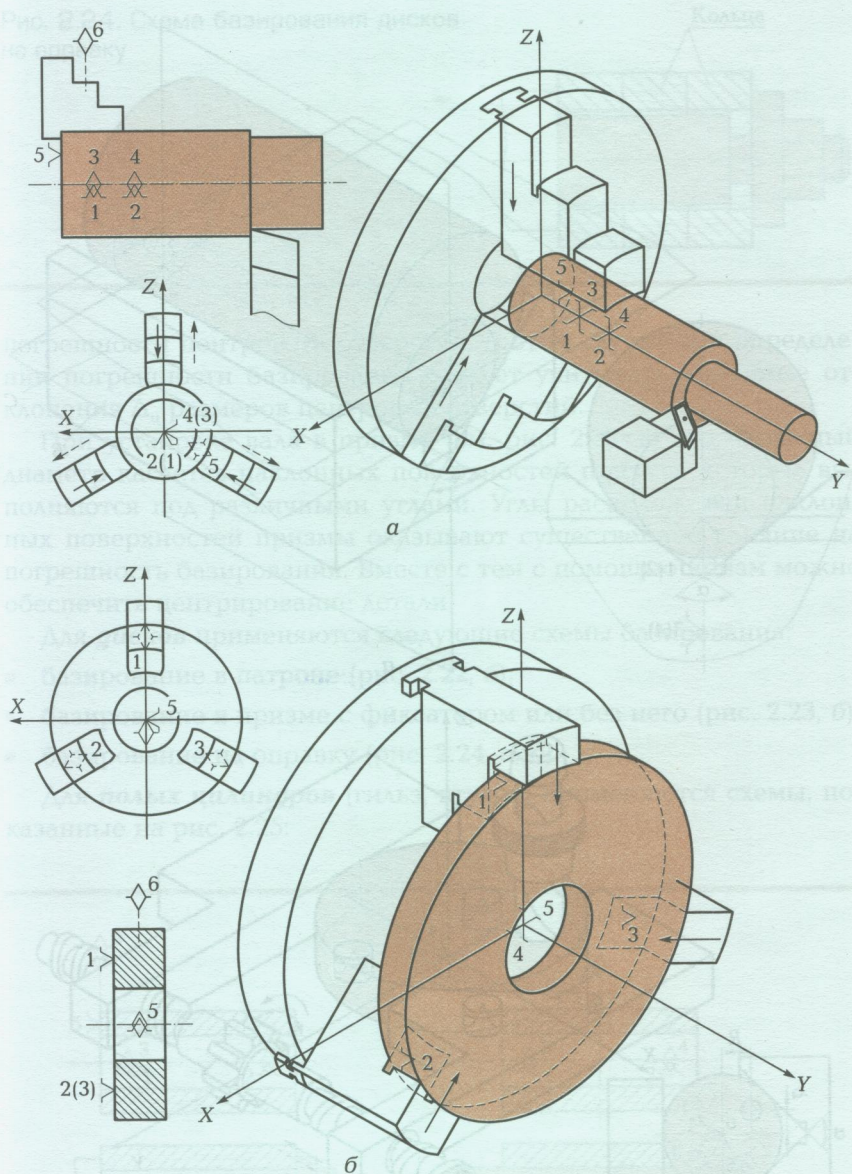


Рис. 2.22. Схемы базирования в патроне:
 а — базирование вала; б — базирование диска

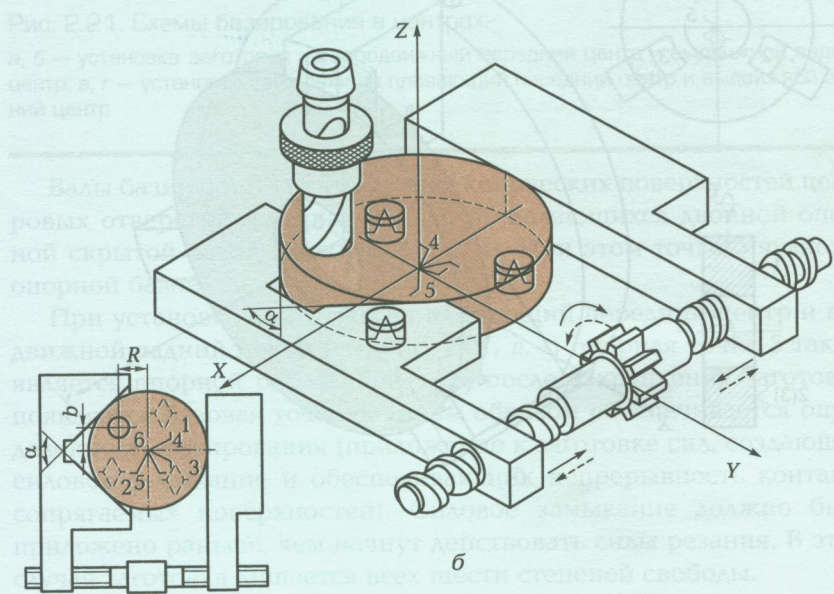
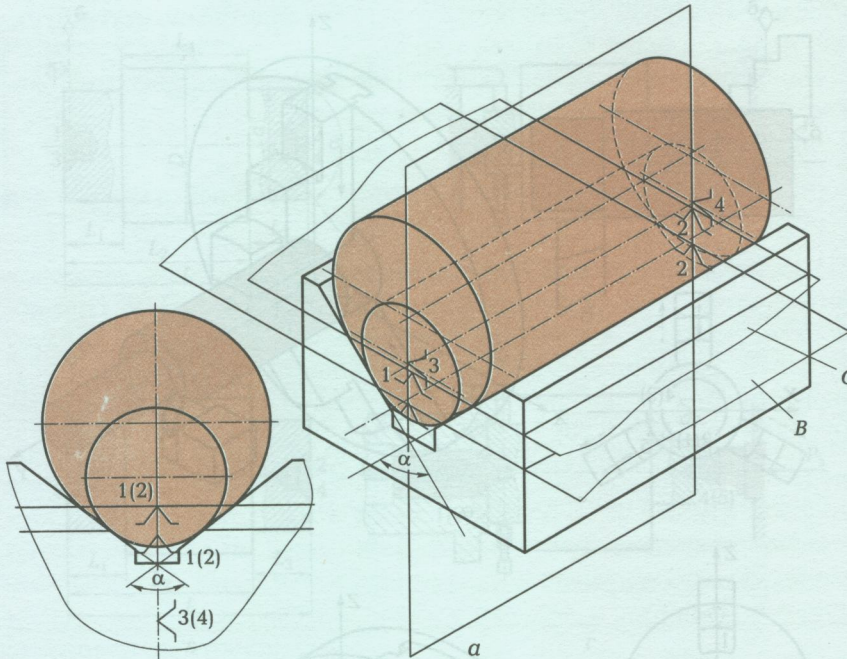
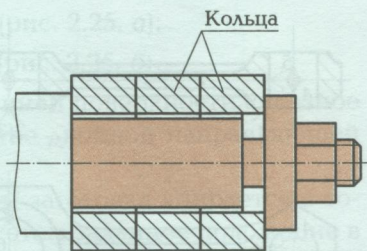


Рис. 2.23. Схемы базирования в призме:
 а — базирование вала в призме; б — базирование диска с центрированием

Рис. 2.24. Схема базирования дисков на оправку



погрешности центрального отверстия. В этом случае при определении погрешности базирования следует учитывать линейные отклонения Δ_c размеров центральных отверстий.

При установке вала в призму (см. рис. 2.23, а) его наружный диаметр касается наклонных поверхностей призмы, которые выполняются под различными углами. Углы расположения наклонных поверхностей призмы оказывают существенное влияние на погрешность базирования. Вместе с тем с помощью призм можно обеспечить центрирование детали.

Для **дисков** применяются следующие схемы базирования:

- базирование в патроне (рис. 2.22, б);
- базирование в призме с фиксатором или без него (рис. 2.23, б);
- базирование на оправку (рис. 2.24, а, б).

Для **полых цилиндров** (гильз, втулок) применяются схемы, показанные на рис. 2.25:

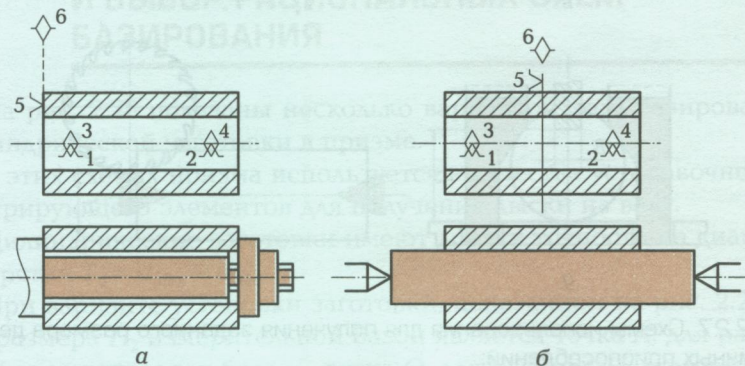


Рис. 2.25. Схемы базирования полых цилиндров на оправку с зазором (а) и на оправку с натягом (б)

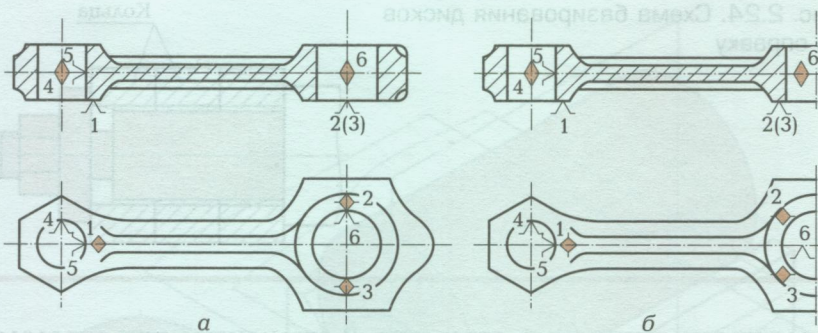


Рис. 2.26. Схемы базирования шатуна:

а — выполняемого с крышкой; б — выполняемого без крышки

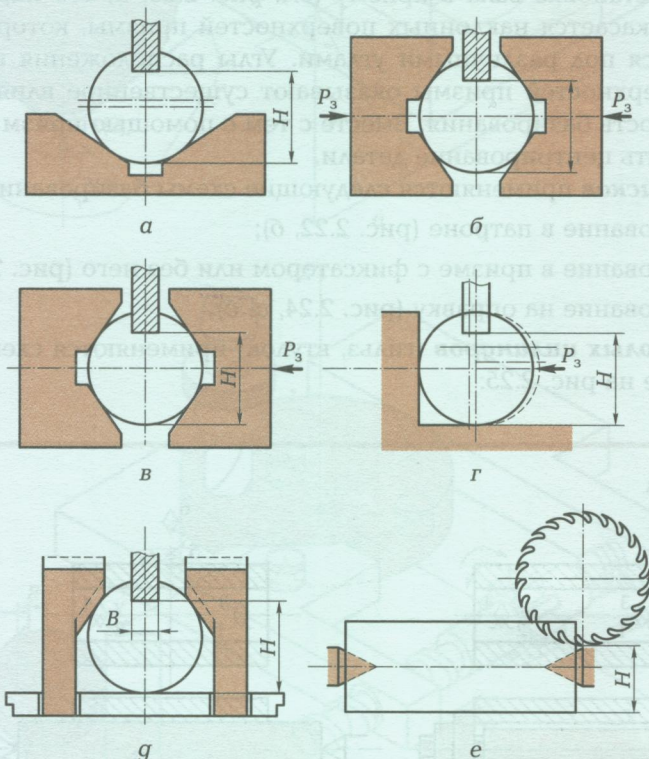


Рис. 2.27. Схемы использования для получения заданного размера деталей различных приспособлений:

а — фрезерование в призме; б — фрезерование в самоцентрирующих призмах; в — фрезерование с использованием одной подвижной призмы; г, д — фрезерование в тисках; е — фрезерование в центрах

- базирование на оправку с зазором (рис. 2.25, а);
- базирование на оправку с натягом (рис. 2.25, б).

При установке заготовки по внутренней поверхности сквозное отверстие в ней используется в качестве двойной направляющей базы.

При установке на оправку с зазором заготовка упирается в торец приспособления, обеспечивая при этом заданное положение в осевом направлении, что предпочтительней, чем установка на валу с натягом без упора в торец.

Для **комбинированных деталей** (рычагов, шатунов) применяются схемы на основе ранее рассмотренных схем базирования. Рассмотрим для примера базирование шатуна, выполняемого с крышкой (рис. 2.26, а) и без крышки (рис. 2.26, б). В этих случаях установочной базой будет плоскость (точки 1—3), направляющей базой — малое отверстие под палец (точки 4, 5), а опорной базой — большое отверстие (точка 6).

Заданный на чертеже детали размер можно получить с использованием различных приспособлений (рис. 2.27, а—г).

Так, размер H вала может быть получен посредством его фрезерования в призме (см. рис. 2.27, а) или в призмах (см. рис. 2.27, б, в), а также в тисках (см. рис. 2.27, г, г) или в центрах (рис. 2.27, е). Следовательно, необходимо, проанализировав различные варианты базирования, выбрать наиболее подходящий для данного производства.

2.4. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ

На рис. 2.28 показаны несколько вариантов схем базирования цилиндрической заготовки в призме.

В этих схемах призма используется в качестве установочного и центрирующего элементов для получения лыски на валу.

Цилиндрические заготовки имеют допуск точности на диаметр отверстия $T_d = d_{\max} - d_{\min}$.

При варианте установки заготовки, показанном на рис. 2.28, а, для размера H_2 измерительной базой является точка А, для размера H_3 измерительная база — точка О, для размера H_1 измерительная база — точка В. Эти базы не совмещены с технологической базой — точкой С. Все точки будут колебаться с учетом угла приз-

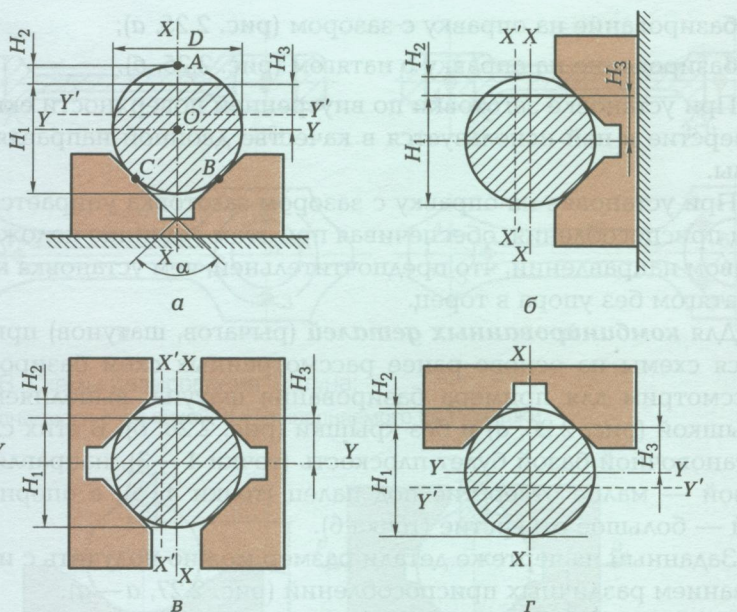


Рис. 2.28. Варианты (а—г) установки цилиндрических заготовок в призмы

мы и допуска на диаметр заготовки. В этом случае погрешности базирования следующие: $\epsilon_{H_1} \neq 0$, $\epsilon_{H_2} \neq 0$, $\epsilon_{H_3} \neq 0$.

При варианте установки, показанном на рис. 2.28, б, в, заготовка центрируется относительно оси $Y—Y$ и погрешность $\epsilon_{H_2} = 0$, так как измерительная и технологическая базы здесь совпадают, а другие размеры имеют погрешности базирования $\epsilon_{H_3} = 0,5T_d$ и $\epsilon_{H_1} = 0,5T_d$.

При варианте установки, приведенном на рис. 2.28, г, заготовка центрируется по оси $X—X$ и погрешность $\epsilon_{H_1} = 0$, так как измерительная и технологическая базы здесь совпадают, а другие размеры имеют погрешности базирования $\epsilon_{H_3} = 0,5T_d$ и $\epsilon_{H_2} = T_d$.

Рассмотрим общие случаи определения погрешностей базирования при установке заготовки в призме (рис. 2.29).

На рис. 2.29, а сплошной окружностью показана заготовка, выполненная по наибольшему предельному размеру, а штриховой — по наименьшему. При выдерживании размера H_1 установочными базами служат образующие K (K_1), а измерительной базой — образующие A (A_1). Расстояние между этими образующими определяет погрешность базирования, отнесенная к размеру H_1 .

Расстояние

$$AA_1 = (T_d/2) - CO_1,$$

где T_d — допуск на диаметр заготовки.

Расстояние

$$CO_1 = OO_1 \sin \beta = [T_d / (2 \sin \alpha / 2)] \sin \beta.$$

Для диапазона изменения β от 0 до $\alpha/2$ получим погрешность

$$\varepsilon_{H_1} = (T_d/2) \{1 - [\sin \beta / (\sin \alpha / 2)]\}.$$

Для диапазона изменения β от $\alpha/2$ до 90° погрешность

$$\varepsilon_{H_1} = (T_d/2) \{[\sin \beta / (\sin \alpha / 2)] - 1\}.$$

При $\beta = 90^\circ$ погрешность

$$\varepsilon_{H_1} = (T_d/2) \{[1 / (\sin \alpha / 2)] - 1\}.$$

При $\beta = \alpha/2$ погрешность базирования $\varepsilon_{H_1} = 0$, а при $\beta = 0$ погрешность $\varepsilon_{H_1} = T_d/2$.

Аналогично определяются погрешности базирования для размеров H_2 и H_3 .

Для размера H_2 погрешность базирования

$$\varepsilon_{H_2} = Be - B_1 e_1 = CO_1 + (T_d/2).$$

Подставив вместо CO_1 полученное ранее выражение, окончательно найдем

$$\varepsilon_{H_2} = (T_d/2) \{[\sin \beta / (\sin \alpha / 2)] + 1\}.$$

Для размера H_3 погрешность базирования равна отрезку CO_1 , следовательно,

$$\varepsilon_{H_3} = (T_d/2) [\sin \beta / (\sin \alpha / 2)].$$

При $\beta = 90^\circ$ погрешность размера H_2

$$\varepsilon_{H_2} = (T_d/2) \{[1 / (\sin \alpha / 2)] + 1\}.$$

При $\beta = \alpha/2$ погрешность $\varepsilon_{H_2} = T_d$, а при $\beta = 0$ погрешность $\varepsilon_{H_2} = T_d$.

При $\beta = 90^\circ$ погрешность размера H_3

$$\varepsilon_{H_3} = (T_d/2) [1 / (\sin \alpha / 2)].$$

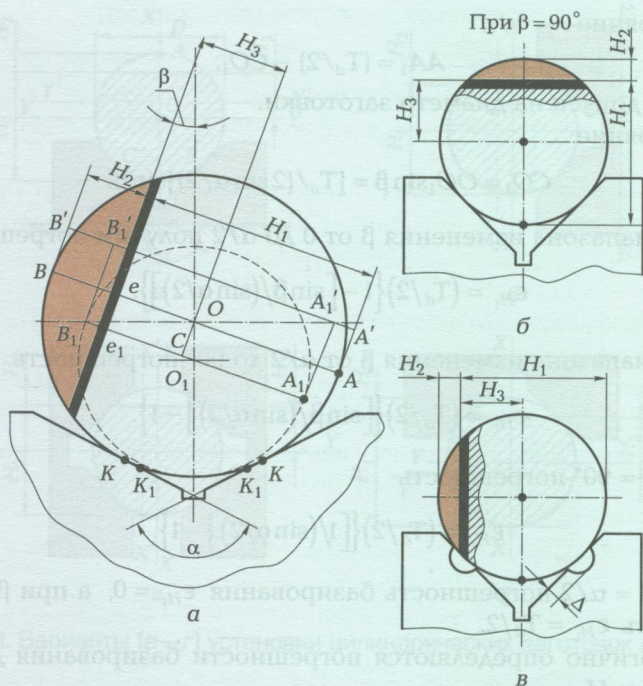


Рис. 2.29. Схемы для определения погрешностей базирования заготовки в призме:

а — обработка под углом; б — обработка в горизонтальной плоскости; в — обработка в вертикальной плоскости

При $\beta = \alpha/2$ погрешность $\epsilon_{H_3} = T_d/2$, а при $\beta = 0$ погрешность $\epsilon_{H_3} = 0$.

Рассмотрим базирование в призме при $\beta = 90^\circ$ (рис. 2.29, б).

Определим погрешности базирования для каждого из заданных размеров (H_1, H_2, H_3):

$$\epsilon_{H_1} = (T_d/2) \left\{ \left[1/(\sin \alpha/2) \right] + 1 \right\};$$

$$\epsilon_{H_2} = (T_d/2) \left[1/2(\sin \alpha/2) \right];$$

$$\epsilon_{H_3} = (T_d/2) \left\{ \left[1/(\sin \alpha/2) \right] - 1 \right\}.$$

Из приведенных формул видно, что при установке заготовки в призме погрешность базирования включает в себя угол α . Найдем

Таблица 2.5. Погрешности базирования заготовки в призме при различных углах α и при $\beta = 90^\circ$

Угол призмы α	Погрешность базирования заданного размера		
	H_1	H_2	H_3
60°	$0,5T_d$	$1,5T_d$	T_d
90°	$0,2T_d$	$1,2T_d$	$0,7T_d$
120°	$0,1T_d$	$1,1T_d$	$0,6T_d$
180° (плоскость)	0	T_d	$0,5T_d$

погрешности базирования заготовки для разных значений углов α при угле $\beta = 90^\circ$ и сведем полученные данные в табл. 2.5.

Из табл. 2.5 видно, что погрешность базирования, равная нулю, обеспечивается только для размера H_1 при угле призмы 180° , т.е. при базировании заготовки на плоскость.

Различные варианты установки заготовок в приспособлениях, обеспечивающие погрешности базирования определенных размеров равные нулю, показаны на рис. 2.30.

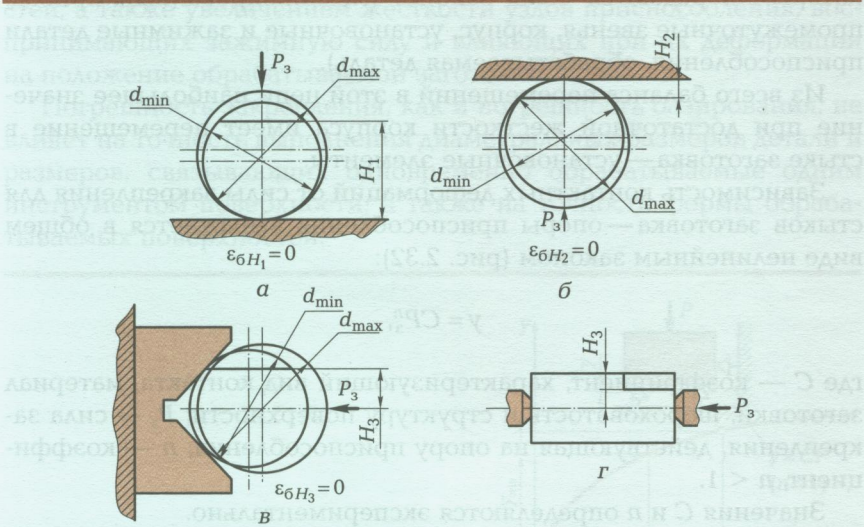


Рис. 2.30. Схемы (а—г), обеспечивающие погрешности базирования в призме, равные нулю

Погрешность закрепления ε_z — это разность между наибольшим и наименьшим значениями проекций смещения измерительной базы на направление выполняемого размера в результате приложения к заготовке силы закрепления (рис. 2.31).

Под действием силы закрепления, силы резания и веса заготовка может поворачиваться и деформироваться (Δy), создавая новые положения поверхностей и точки контакта с опорами и с корпусом (точка А). В процессе изменения положения между заготовкой и установочной базой возникают силы трения $F_{тр}$, что может привести к заклиниванию заготовки.

Деформациями жестких заготовок и корпуса приспособления под действием сил закрепления обычно пренебрегают.

Погрешность закрепления ε_z содержит как случайные составляющие погрешности, объединяемые в основную $\varepsilon_{з.о.}$, так и закономерно изменяющуюся систематическую погрешность $\varepsilon_{з.и.}$, связанную с изменением формы поверхности контакта установочного элемента в результате его износа.

Основная причина, влияющая на погрешность закрепления детали, — деформация ее базовых поверхностей и стыков цепи, по которым передаются силы зажима (механизированный привод, промежуточные звенья, корпус, установочные и зажимные детали приспособления, обрабатываемая деталь).

Из всего баланса перемещений в этой цепи наибольшее значение при достаточной жесткости корпуса имеет перемещение в стыке заготовка — установочные элементы.

Зависимость контактных деформаций от силы закрепления для стыков заготовка — опоры приспособления выражается в общем виде нелинейным законом (рис. 2.32):

$$y = CP_3^n,$$

где C — коэффициент, характеризующий вид контакта, материал заготовки, шероховатость и структуру поверхности; P_3 — сила закрепления, действующая на опору приспособления; n — коэффициент, $n < 1$.

Значения C и n определяются экспериментально.

Из полученных зависимостей следует, что $\varepsilon_z = 0$ при следующих условиях:

- однородность базовых поверхностей заготовок;

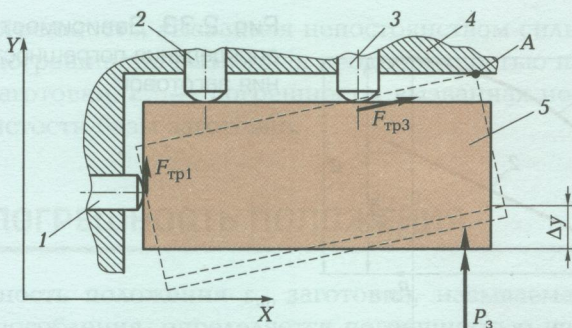


Рис. 2.31. Схема изменения положения корпусной заготовки:

1—3 — опоры; 4 — корпус; 5 — заготовка; Δy — смещение и деформация заготовки

- использование устройств, обеспечивающих постоянную силу зажима заготовок ($P_3 = \text{const}$).

Смещение заготовок под влиянием непостоянной силы зажима происходит перпендикулярно направлению выдерживаемого размера.

Погрешность ε_3 можно уменьшить повышением жесткости стыка опоры приспособления — базовая поверхность заготовки, повышением однородности поверхностного слоя базовых поверхностей, а также увеличением жесткости узлов приспособления, воспринимающих зажимную силу и влияющих при их деформации на положение обрабатываемой заготовки.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, не влияет на точность выполнения диаметральных размеров детали и размеров, связывающих одновременно обрабатываемые одним инструментом поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей.

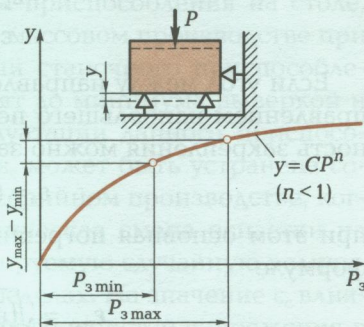


Рис. 2.32. График зависимости контактных деформаций от силы крепления

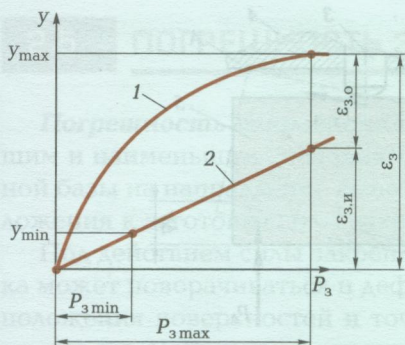


Рис. 2.33. Зависимости [1, 2] для определения погрешности закрепления заготовок

При расчете погрешности закрепления следует учитывать две составляющие погрешности: $\epsilon_{з,0}$ и $\epsilon_{з,и}$, т.е. основную погрешность, содержащую случайные погрешности, связанные с разбросом контактных напряжений в партии заготовок из-за неоднородности качества базовых поверхностей, и систематическую погрешность, связанную с износом опорной поверхности установочного элемента.

На рис. 2.33 представлены зависимости, определяющие погрешности закрепления заготовок. Кривая 1 характеризует разброс контактных напряжений в партии заготовок из-за неоднородности базовых поверхностей, а прямая 2 определяет износ опорной поверхности установочного элемента.

Если сила $P_з$ изменяется в диапазоне от $P_{з min}$ до $P_{з max}$, то разница перемещений заготовок в партии (основная случайная составляющая погрешности закрепления) оценивается погрешностью $\epsilon_{з,0}$. Поскольку опоры изнашиваются, площадь их контакта с заготовкой может увеличиваться. При этом уменьшаются контактные перемещения и увеличивается $\epsilon_{з,и}$. Таким образом, погрешность закрепления можно определить по следующим формулам:

$$\epsilon_з = y_{max} - y_{min};$$

$$\epsilon_з = \epsilon_{з,0} + \epsilon_{з,и}.$$

Если угол между направлением выдерживаемого размера и направлением наибольшего перемещения обозначить β , то погрешность закрепления можно записать в виде

$$\epsilon_з = (\epsilon_{з,0} + \epsilon_{з,и}) \cos \beta,$$

при этом основная погрешность закрепления рассчитывается по формуле

$$\epsilon_{з,0} = \sqrt{(\epsilon_з^I)^2 + (\epsilon_з^II)^2 + (\epsilon_з^III)^2},$$

где ε_3^I — погрешность, вызванная непостоянством силы закрепления; ε_3^{II} — погрешность, вызванная неоднородностью шероховатости базы заготовки; ε_3^{III} — погрешность, вызванная неоднородностью волнистости базы заготовки.

2.6. ПОГРЕШНОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ

Погрешность положения $\varepsilon_{пр}$ заготовки, называемая неточностью приспособления, определяется погрешностью изготовления и сборки опор установочного приспособления $\varepsilon_{ус}$, погрешностью установки и фиксации приспособления на станке ε_c и погрешностью износа установочных элементов $\varepsilon_{и}$.

В совокупности погрешности $\varepsilon_{ус}$, ε_c , $\varepsilon_{и}$ представляют собой погрешность положения заготовки в приспособлении $\varepsilon_{пр}$.

Составляющая погрешность $\varepsilon_{ус}$ характеризует неточность положения опор установочного приспособления. При использовании одного приспособления она представляет собой систематическую постоянную погрешность и ее можно частично или полностью устранить соответствующей настройкой станка.

При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений дублеров, приспособлений спутников) эта погрешность не компенсируется настройкой станка и входит полностью в состав $\varepsilon_{пр}$.

Допуски ответственных размеров нестандартных деталей станочного приспособления обычно составляют 10...30 % от допуска на соответствующий обрабатываемый размер заготовки. Как правило, $\varepsilon_{ус}$ определяется в пределах 0,10...0,005 мм, а для прецизионных приспособлений — с более высокой точностью.

Составляющая погрешность ε_c отражает неточность установки приспособления на станке. Эта погрешность возникает в результате перемещений и перекосов корпуса приспособления на столе, планшайбе или на шпинделе станка. В массовом производстве при однократном неизменном закреплении станочного приспособления на станке эту погрешность доводят до минимума выверкой и считают постоянной в течение эксплуатации данного приспособления. При определенных условиях ε_c может быть устранена соответствующей настройкой станка. В серийном производстве, когда имеет место многократная периодическая смена оснастки на станках, ε_c превращается в некомпенсируемую случайную величину, изменяющуюся в определенных пределах. На значение ε_c влияют износ и возможные повреждения поверхностей сопряжения в

процессе смены станочного приспособления. Смещения и перекосы на станке уменьшаются применением направляющих элементов (шпонок для Т-образных пазов стола, центрирующих поясков, фиксаторов), рациональным размещением их на корпусах, правильным выбором зазоров в сопряжениях и тарированной затяжкой крепежных деталей.

При правильном выполнении соответствующих мероприятий значение ε_c можно снизить до 0,01 ... 0,02 мм.

Составляющая погрешность ε_n характеризует изменения положений базирующих поверхностей в результате износа установочных элементов в процессе эксплуатации станочного приспособления. Интенсивность износа установочных элементов зависит от их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее баз, условий установки заготовки в приспособление и снятия после обработки.

Больше всего изнашиваются постоянные опоры и опоры регулируемые, у которых контакт с заготовкой осуществляется по малым площадкам.

Сильному износу подвержены боковые поверхности призм, контактирующих с заготовкой по узкой площадке, а также круглые пальцы и другие детали, где контакт происходит по большей поверхности.

Черновые базовые поверхности заготовок со следами окалины и формовочного песка влияют на изнашивание опор приспособлений сильнее, чем обработанные базы.

Износ опор обычно неравномерный по их поверхности и во времени. Часто он носит местный характер. Опорные пластинки больше изнашиваются в середине и с одного края, а пальцы — со свободного конца. Износ опор с рифлениями, со сферической головкой, призм и ромбических пальцев протекает сначала быстро, а затем замедляется, подчиняясь параболическому закону. Износ опор с более развитой несущей поверхностью протекает более равномерно.

Линейный износ установочных элементов приспособления (опор) и определяет погрешность ε_n . Износ для призм определяется из выражения

$$\varepsilon_n = u / (\sin \alpha / 2),$$

где α — угол призмы.

Значение износа вычисляется по формуле

$$u = [NK_y(1 + 0,003L)0,79t_m] / [m - m_1\Pi_1 - (m_2 \cdot 0,1P_3) / (F \cdot HV)],$$

где N — число устанавливаемых заготовок; K_y — коэффициент, учитывающий условия обработки; L — длина пути скольжения заготовки по опорам при досылке ее до упора, мм (определяется из условия эксплуатации приспособления); t_m — машинное время обработки заготовки в приспособлении, мин; m, m_1, m_2 — коэффициенты; Π_1 — критерий износостойкости; P_3 — нагрузка закрепления на опору, Н; F — площадь касания опоры с базовой поверхностью заготовки, мм²; HV — твердость материала опоры по Виккерсу.

Поправочный коэффициент K_y , учитывающий материал заготовки и метод обработки, принимается при точении, фрезеровании, сверлении без охлаждения чугуна равным 1,12. При шлифовании чугуна без охлаждения $K_y = 1,58$. При точении, фрезеровании, сверлении с охлаждением стали с твердостью 150...220 HB коэффициент $K_y = 0,94$. Если обработка такой стали ведется без охлаждения, то $K_y = 1$. При шлифовании с охлаждением стали с твердостью 46,5...63,0 HRC, коэффициент $K_y = 1,32$.

Коэффициенты m, m_1, m_2 зависят от вида опор. Для постоянных опор со сферической головкой $m = 1529, m_1 = 981, m_2 = 481$. Для опор с плоской и рифленой головками $m = 2248, m_1 = 1212, m_2 = 63497$. Для опорных пластин $m = 6832, m_1 = 4287, m_2 = 293750$. Для призм $m = 1818, m_1 = 1014, m_2 = 1309$.

Критерий износостойкости Π_1 зависит от материалов заготовки и опор. Например, для заготовки из чугуна и опоры из закаленной стали марки 40X критерий $\Pi_1 = 0,94$. Для заготовки, выполненной из закаленной стали, и опоры, выполненной из стали 45 с хромированной базирующей поверхностью $\Pi_1 = 0,47$.

Расчет износостойкости опор. Износостойкость опор C определяется числом установок заготовок, вызывающих износ опоры на 1 мкм. По известному значению фактической износостойкости C_f можно определить погрешность обработки, связанную с износом опор при заданном числе установок N , или оценить допустимое по износу число установок и, следовательно, найти периодичность замены опор приспособления. В этом случае необходимо рассчитать допустимый износ $[u]$.

Износостойкость можно также определить по формуле

$$C = m - m_1\Pi_1 - m_2\Pi_2,$$

где Π_1 — критерий износостойкости с учетом материалов заготовки и опор; Π_2 — критерий нагружения опор.

Порядок расчета износостойкости опор следующий (для конкретного расчета данные берутся по технологическим справочникам):

- выбирают твердость рабочих поверхностей опор;
- определяют критерий износостойкости Π_1 с учетом материала заготовки и опор;
- вычисляют силу зажима P_3 , действующую по нормали на опору (нагрузку на опору), с учетом сил резания, закрепления, массы заготовки и т.д. (по нормативным материалам для данной схемы базирования заготовки);
- определяют номинальную площадь F касания опор с базой заготовки;
- вычисляют критерий нагружения опор Π_2 ($\Pi_2 = P_3 / (F \cdot HV)$);
- для найденных значений Π_1 и Π_2 определяют износостойкость C ;
- определяют поправочные коэффициенты:

$$K = K_t K_L K_y,$$

где K — общий коэффициент; $K_t = 0,79t_m$ — коэффициент, учитывающий время неподвижного контакта заготовки с опорами; t_m — машинное время обработки; K_L — коэффициент, учитывающий влияние длины L пути скольжения заготовки по опорам приспособления в момент базирования (при $L \leq 25$ мкм $K_L = 1$, при $25 < L \leq 100$ мкм $K_L = 1,25$, при $L > 100$ мкм $K_L = 1,51$); K_y — коэффициент, учитывающий условия обработки;

- вычисляют фактическую износостойкость $C_\phi = C/K$.

Точность выполнения заданных размеров H . Точность выполнения заданных размеров определяется по формуле

$$T_H = \varepsilon_y + \omega,$$

где T_H — допуск выполняемого размера; ε_y — погрешность установки; ω — средняя точность обработки на металлорежущих станках.

Для принятых метода обработки и схемы установки заготовки расчетная точность обработки $T_H^{\text{расч}}$ не должна превышать допуска выполняемого размера:

$$T_H^{\text{расч}} \leq T_H.$$

Точность приспособления является важнейшим фактором, обеспечивающим точность изготовления деталей. Новое приспособление имеет определенный запас точности, но в процессе эксплуатации изнашиваются его установочные и направляющие базы, поэтому приспособление теряет требуемую точность. Следова-

тельно, необходим ремонт приспособления, а значит, требуется определять его межремонтный период, мес:

$$\Pi = 12\kappa[N]/N_{\Gamma}$$

где κ — коэффициент запаса, учитывающий нестабильность износа установочных элементов, $\kappa = 0,80 \dots 0,85$; $[N]$ — допустимое число устанавливаемых заготовок до предельного износа установочных элементов; N_{Γ} — годовая программа выпуска изделий.

Допустимое значение износа определяется допустимой погрешностью $[\epsilon_{и}]$:

$$[u] = [\epsilon_{и}],$$

при этом для призм

$$[\epsilon_{и}] = [u]/\sin \alpha,$$

где 2α — угол призмы.

Допустимая погрешность $[\epsilon_{и}]$ в предположении, что погрешности $\epsilon_{ус}$ и $\epsilon_{с}$ можно компенсировать настройкой станка, рассчитывается по формуле

$$[\epsilon_{и}] = T_H - \omega - \sqrt{\epsilon_{6}^2 + \epsilon_{3,0}^2} - \epsilon_{3,и}.$$

Расчет исполнительных размеров установочных и направляющих элементов. При расчете точности обработки технологю приходится решать задачу определения исполнительных размеров установочных и направляющих элементов, обеспечивающих заданную точность обработки и возможность установки заготовок.

Рассмотрим схему обработки на вертикальном фрезерном станке ступенчатой поверхности втулки, установленной на цилиндрический палец с буртом (рис. 2.34).

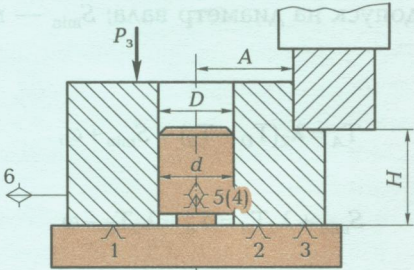


Рис. 2.34. Схема обработки ступенчатой поверхности

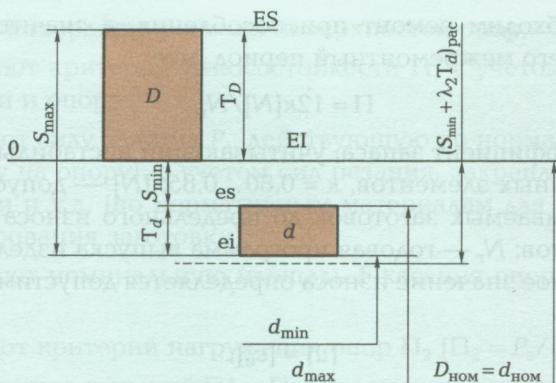


Рис. 2.35. Схема допусков

Анализ схемы установки втулки показывает, что исполнительный размер d — диаметр установочного пальца определяется из условия обеспечения заданной точности выполнения размера A :

$$T_A = \varepsilon_y^A + \omega.$$

Если погрешности положения заготовки компенсируются настройкой станка, то можно записать $\varepsilon_y^A = \varepsilon_6^A$. Тогда

$$T_A = \varepsilon_6^A + \omega,$$

где ε_6^A — погрешность базирования размера A .

Погрешность базирования определяется по формуле (рис. 2.35)

$$\varepsilon_6^A = \lambda_2(T_D + T_d) + S_{\min},$$

где λ_2 — вероятностный коэффициент, учитывающий закон распределения размеров в пределах допуска; T_D — допуск на диаметр отверстия; T_d — допуск на диаметр вала; $S_{\min}$ — минимальный зазор.

Тогда

$$T_A = \lambda_2(T_D + T_d) + S_{\min} + \omega,$$

а следовательно,

$$S_{\min} + \lambda_2 T_d = T_A - \lambda_2 T_D - \omega.$$

По таблицам допусков выбираются размеры пальца таким образом, чтобы соблюдалось следующее условие:

$$S_{\min} + \lambda_2 T_d \geq e_i.$$

После выбора допусков на палец выполняют проверочный расчет и определяют ожидаемую точность размера A :

$$T_A = \lambda_2(T_D + T_d) + S_{\min} + \omega.$$

Далее устанавливается, обеспечивается ли при заданном размере A и допуске T_A запас точности для принятого поля установочного пальца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируются базы по назначению?
2. Как подразделяются базы по лишаемым степеням свободы?
3. Как классифицируются базы по характеру проявления?
4. Что такое технологическая база? Приведите примеры.
5. Что представляет собой конструкторская база? Приведите примеры.
6. Что такое измерительная база? Приведите примеры.
7. Что представляет собой двойная направляющая база? Приведите примеры.

ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Базовыми поверхностями заготовки устанавливаются на опоры. Это могут быть постоянные опоры, опорные пластины, призмы, установочные пальцы.

При базировании заготовок с плоскими базовыми поверхностями в приспособлениях применяются постоянные опоры и опорные пластины.

Постоянные опоры выполняются с плоской (рис. 3.1, а), сферической (рис. 3.1, б) или с насеченной головкой (рис. 3.1, в).

Установка на опоры с плоской головкой применяется для чисто обработанных базовых поверхностей.

Опоры со сферическими и насеченными головками используются для установки необработанных баз. Их также устанавливают в вертикальных стенках корпусов.

Диапазон изменения диаметра D постоянных опор установлен в пределах 6...40 мм, а H может изменяться в пределах 3...40 мм. Точность посадочного диаметра d должна быть 7-го или 6-го качества с предельными отклонениями, обеспечивающими соединение с корпусом по переходной посадке. Примеры применения постоянных опор показаны на рис. 3.1, г, г.

Опорные пластины могут быть плоскими (рис. 3.1, е) и с косыми пазами (рис. 3.1, ж). Плоские пластины устанавливаются на вертикальных стенках корпуса, а пластины с косыми пазами — на горизонтальных. Опорные пластины применяются при обработке заготовок с большими габаритными размерами. Высота таких пластин $H = 8...25$ мм, а ширина B и длина L , берутся в диапазоне значений $B \times L = 14...40 \times 40...220$ мм. Пример применения опорной пластины показан на рис. 3.1, з.

Постоянные опоры используют только в качестве основных опор.

Выбирая постоянные опоры, их размеры и расположение, необходимо учитывать влияние на точность обработки отклонений от плоскостности технологических баз заготовок. При изготовле-

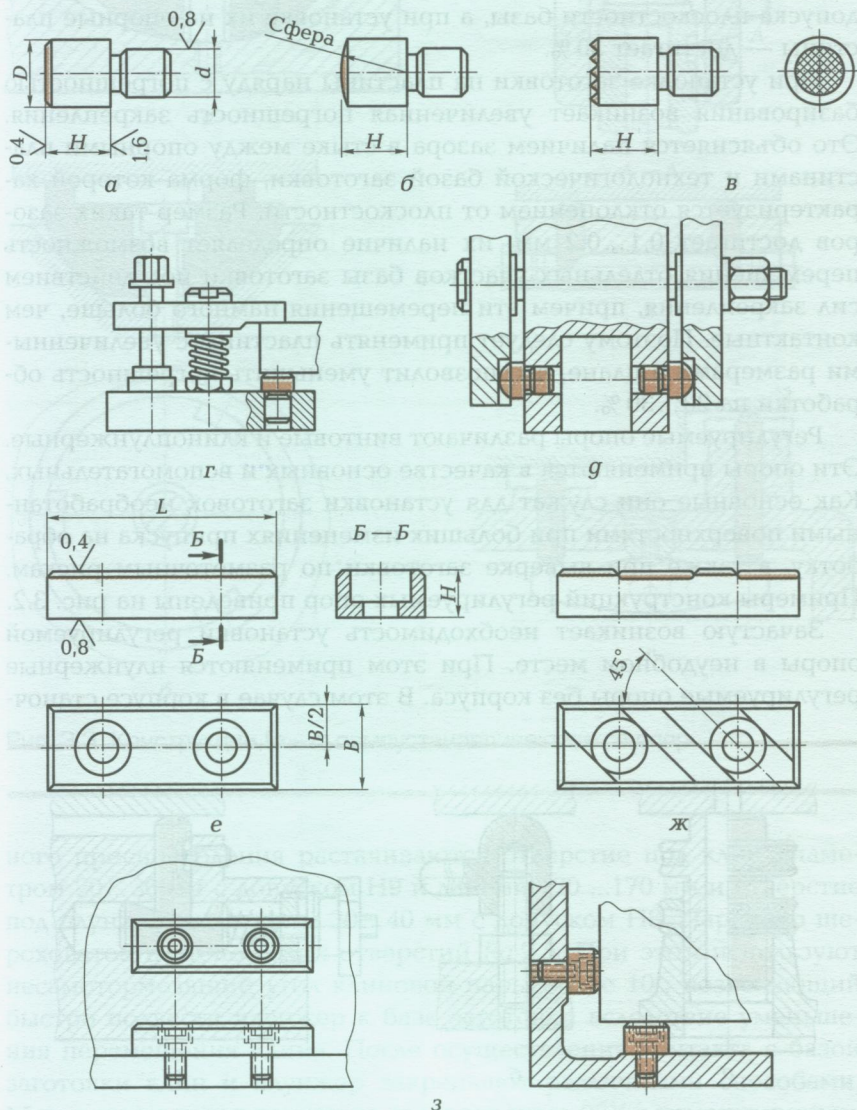


Рис. 3.1. Конструкции постоянных опор (а—в), опорных пластин (е, ж) и примеры их применения (г, д, з)

нии корпусных деталей (блока цилиндров, картера) отклонения форм технологических баз, обработанных чистовым фрезерованием, достигают $0,005 \dots 0,100$ мм. При установке заготовок такими базами на постоянные опоры с плоской, насеченной или со сферической головкой погрешность базирования составляет $50 \dots 70$ % от допуска плоскостности базы, а при установке их на опорные пластины — достигает 30 %.

При установке заготовки на пластины наряду с погрешностью базирования возникает увеличенная погрешность закрепления. Это объясняется наличием зазора в стыке между опорными пластинами и технологической базой заготовки, форма которой характеризуется отклонением от плоскостности. Размер таких зазоров достигает $0,1 \dots 0,2$ мм, их наличие определяет возможность перемещения отдельных участков базы заготовки под действием сил закрепления, причем эти перемещения намного больше, чем контактные. Поэтому следует применять пластины с увеличенными размерами в плане, что позволит уменьшить погрешность обработки на $20 \dots 30$ %.

Регулируемые опоры различают винтовые и клиноплунжерные. Эти опоры применяются в качестве основных и вспомогательных. Как основные они служат для установки заготовок необработанными поверхностями при больших изменениях припуска на обработку, а также при выверке заготовки по разметочным рискам. Примеры конструкций регулируемых опор приведены на рис. 3.2.

Зачастую возникает необходимость установки регулируемой опоры в неудобном месте. При этом применяются плунжерные регулируемые опоры без корпуса. В этом случае в корпусе станоч-

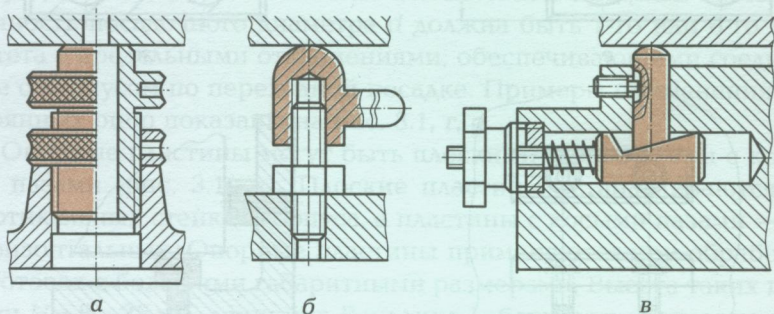


Рис. 3.2. Конструкции регулируемых опор:

а — винтовой со сквозным отверстием; б — винтовой со сферической гайкой; в — с гаечным запором плунжера

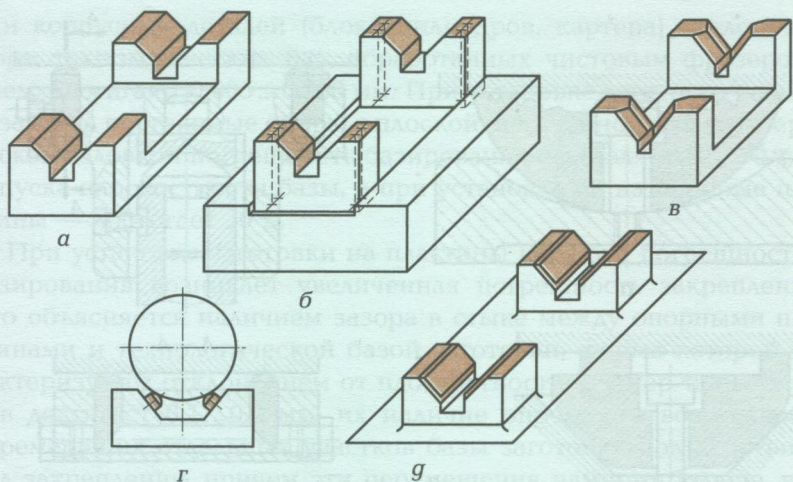


Рис. 3.4. Конструкции (а—д) призм

действует на заготовку, не должна сдвигать ее относительно других опор, но должна быть достаточной для обеспечения контакта с базой заготовки. При использовании нескольких регулируемых

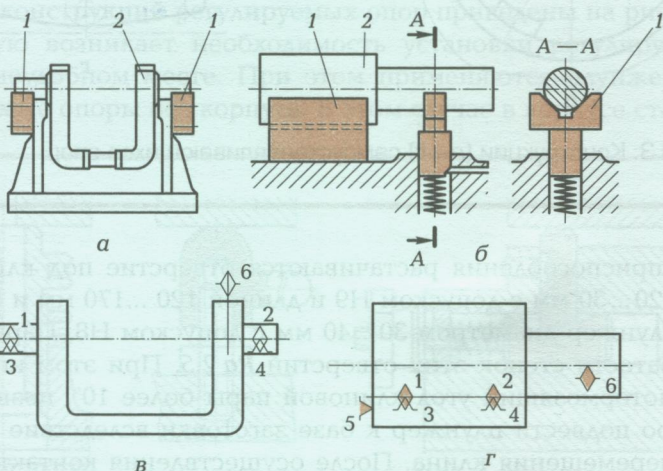


Рис. 3.5. Примеры установки заготовок в призму:

а — коленчатого вала в две призмы; б — ступенчатого вала в призму с использованием самоустанавливающейся опоры; в, г — базирование соответственно коленчатого и ступенчатого вала; 1 — опора; 2 — деталь

опор их приводят в действие не последовательно, а в перекрестном порядке.

Конструкции самоустанавливающихся опор показаны на рис. 3.3.

Эти опоры применяются в основном в качестве вспомогательных. В качестве основных их можно применять, если заготовку, имеющую сложную форму или необработанные поверхности, сложно установить только на постоянные опоры.

При базировании заготовок по наружным цилиндрическим поверхностям чаще всего используются призмы.

Конструкции призм показаны на рис. 3.4.

На рис. 3.5 показаны примеры установки заготовок в призму.

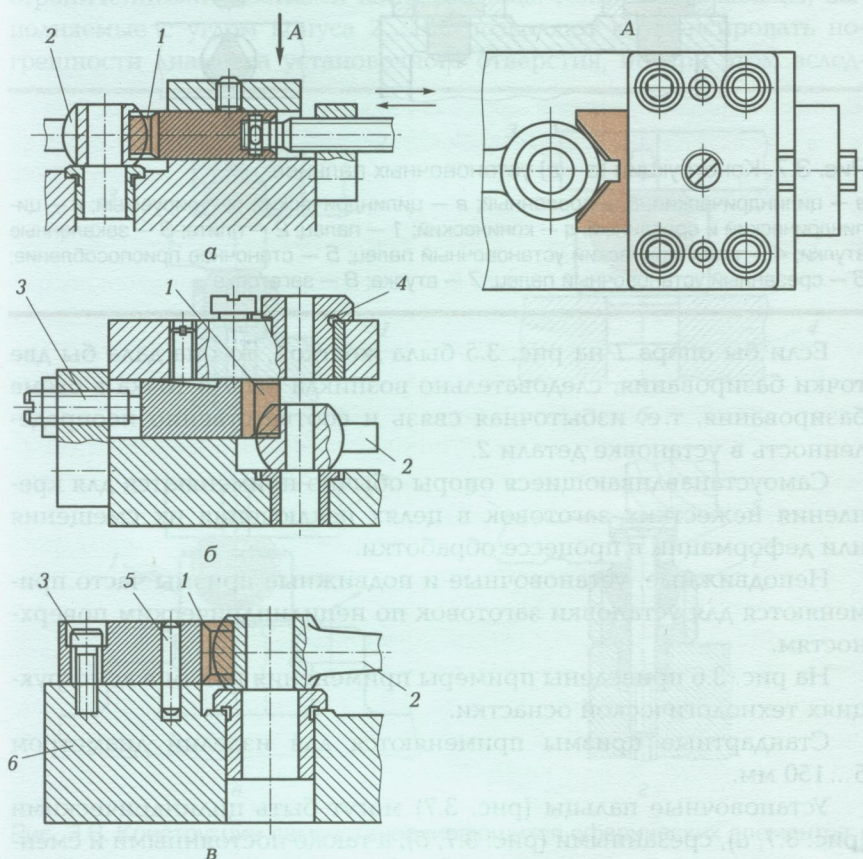


Рис. 3.6. Примеры (а—в) применения призм:

1 — призма; 2 — деталь; 3 — винт; 4 — втулка; 5 — штифт; 6 — основание

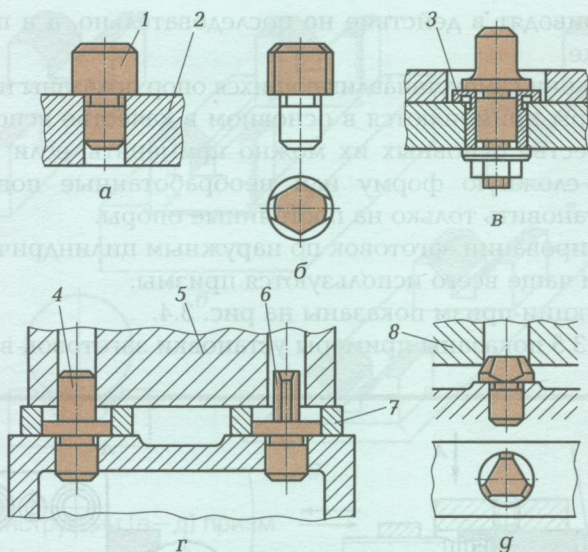


Рис. 3.7. Конструкции (а—д) установочных пальцев:

а — цилиндрический; б — срезанный; в — цилиндрический регулируемый; г — цилиндрический и срезанный; 1 — палец; 2 — плита; 3 — закаленные втулки; 4 — цилиндрический установочный палец; 5 — станочное приспособление; б — срезанный установочный палец; 7 — втулка; 8 — заготовка

Если бы опора 1 на рис. 3.5 была жесткой, то она дала бы две точки базирования, следовательно возникла бы 7-я точка в схеме базирования, т.е. избыточная связь и соответственно неопределенность в установке детали 2.

Самоустанавливающиеся опоры обычно применяются для крепления нежестких заготовок в целях исключения их смещения или деформации в процессе обработки.

Неподвижные, установочные и подвижные призмы часто применяются для установки заготовок по нецилиндрическим поверхностям.

На рис. 3.6 приведены примеры применения призм в конструкциях технологической оснастки.

Стандартные призмы применяются для изделий диаметром 5...150 мм.

Установочные пальцы (рис. 3.7) могут быть цилиндрическими (рис. 3.7, а), срезанными (рис. 3.7, б), а также постоянными и сменными (рис. 3.7, в).

Базирование заготовок с помощью установочных пальцев сочетается с базированием по плоским (горизонтальным или верти-

кальным) поверхностям заготовок. Обычно для базирования используются два установочных пальца: цилиндрический и срезанный (рис. 3.7, г). Постоянные пальцы запрессовывают в корпус приспособления по одной из посадок с натягом.

Диаметр установочных пальцев может составлять 4...50 мм.

Сменные пальцы применяются при интенсивной эксплуатации оснастки, т. е. при интенсивном ее изнашивании, причем их рекомендуется устанавливать в закаленные втулки (см. рис. 3.7, в).

Помимо цилиндрических пальцев в практике находят применение конические установочные пальцы (рис. 3.7, г). Для лучшего центрирования заготовки конические поверхности пальцев срезаются тремя плоскостями, что обеспечивает их соприкосновение с тремя ограниченными участками конуса пальца. Конические пальцы, выполняемые с углом конуса 2...10°, позволяют компенсировать погрешности диаметра установочного отверстия, но при этом вслед-

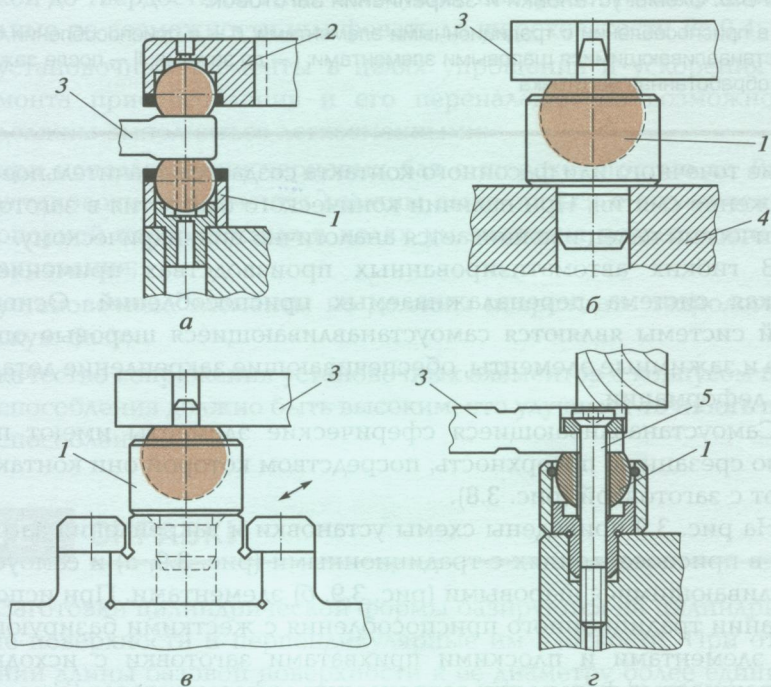


Рис. 3.8. Конструкции самоустанавливающихся сферических элементов:
 а — сферической постоянной опоры; б — сферической постоянной опоры со штырем;
 в — сферической подвижной опоры со штырем; г — сферической опоры; 1 — опора;
 2 — прихват с шаровой опорой; 3 — заготовка; 4 — плита; 5 — болт со сферической головкой

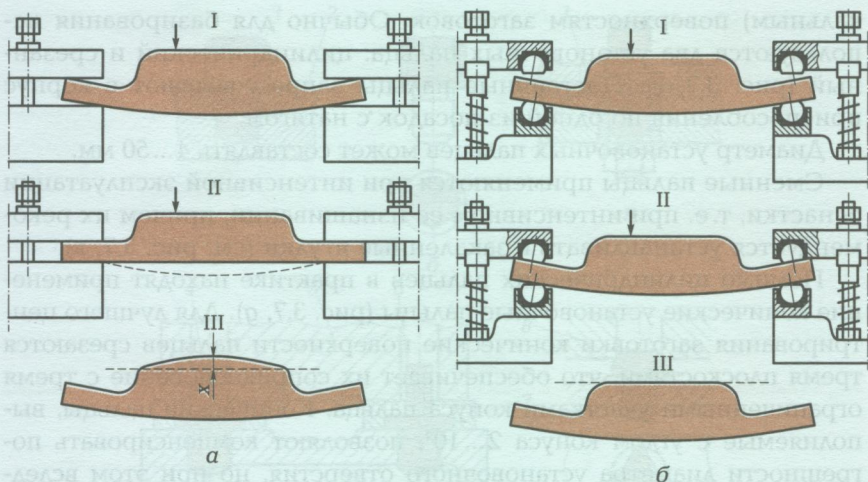


Рис. 3.9. Схемы установки и закрепления заготовок:

а — в приспособлении с традиционными элементами; б — в приспособлении с самоустанавливающимися шаровыми элементами; I — до зажима; II — после зажима; III — обработанная заготовка

ствие точечного или фасонного контакта создается значительное напряжение смятия. При наличии конического отверстия в заготовке конический палец изнашивается аналогично цилиндрическому.

В гибких автоматизированных производствах применяется гибкая система переналаживаемых приспособлений. Основой этой системы являются самоустанавливающиеся шаровые опорные и зажимные элементы, обеспечивающие закрепление деталей без деформации.

Самоустанавливающиеся сферические элементы имеют плоскую срезанную поверхность, посредством которой они контактируют с заготовкой (рис. 3.8).

На рис. 3.9 приведены схемы установки и закрепления заготовок в приспособлениях с традиционными (рис. 3.9, а) и самоустанавливающимися шаровыми (рис. 3.9, б) элементами. При использовании традиционного приспособления с жесткими базирующими элементами и плоскими прихватами заготовки с исходной погрешностью формы при закреплении деформируются (стрелкой показано направление действия усилия резания), а при возвращении заготовки после обработки в исходное положение возникает погрешность обработки X (определена при условии, что во время обработки заготовка не деформируется; штриховой линией пока-

зано положение заготовки до обработки). При использовании для установки заготовки с исходной погрешностью формы приспособления с шаровыми опорами обеспечивается закрепление ее без деформации, а следовательно, после возвращения заготовки в исходное положение погрешность обработки отсутствует, что позволяет устанавливать заготовку по черновым базам без предварительной их обработки.

Таким образом, установочные элементы играют существенную роль при изготовлении деталей, и поэтому к ним предъявляются определенные требования:

- число установочных элементов и их расположение должны соответствовать схеме базирования и обеспечивать ориентацию заготовки с достаточными устойчивостью и точностью;
- для повышения износоустойчивости установочные элементы должны выполняться из сталей 45, 20Х с термической обработкой до твердости 60 HRC, а несущие поверхности опор необходимо по возможности шлифовать до шероховатости $Ra\ 0,4$;
- установочные элементы в целях упрощения и ускорения ремонта приспособления и его переналадки по возможности должны выполняться легкосменными;
- при использовании черновых баз с шероховатостью до $Rz\ 80$ установочные элементы должны выполняться с ограниченной опорной поверхностью в целях уменьшения погрешности базирования;
- установочные элементы не должны повреждать технологическую базу;
- качество сопряжения установочных элементов с корпусом приспособления должно быть высоким, что улучшает точность приспособления.

3.2. ОПРАВКИ

Заготовки цилиндрической формы базируются на цилиндрические поверхности и перпендикулярные им плоскости. При отношении длины базовой поверхности к ее диаметру более единицы основной базой является цилиндрическая поверхность, имеющая двойную направляющую (заготовка лишается четырех степеней свободы). Конструктивно оправки выполняются жесткими и раздвижными.

На рис. 3.10 показаны различные виды жестких оправок.

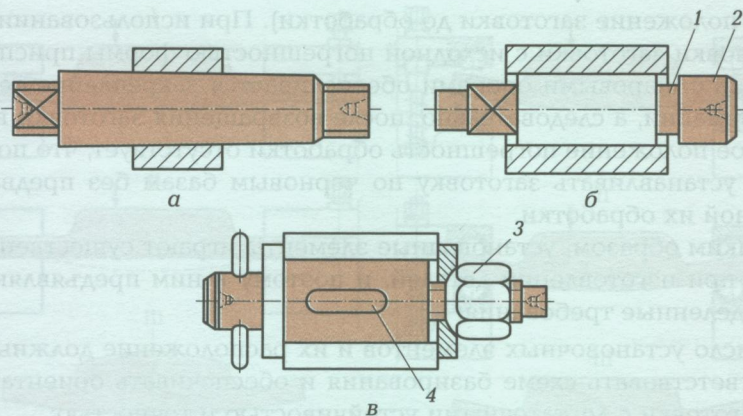


Рис. 3.10. Виды жестких оправок:

а — конические; б — гладкая с натягом; в — гладкая с зазором; 1 — канавка; 2 — оправка; 3 — гайка; 4 — шпонка

Жесткие оправки предназначены для чистовых и точных базовых поверхностей, обработанных по 7-му и 6-му квалитетам (H7, H6).

Конические оправки с конусностью $1:1\,500 \dots 1:2\,000$ (рис. 3.10, а) обеспечивают точность центрирования в пределах $0,005 \dots 0,010$ мм, однако они не обеспечивают точной фиксации заготовки по длине. Крутящий момент с оправки передается вследствие расклинивающего действия, возникающего при насадке заготовок на оправку мелкими ударами.

Высокую точность центрирования (в пределах $0,005 \dots 0,001$ мм) обеспечивают гладкие оправки с натягом (рис. 3.10, б), на которые заготовки напрессовываются. Обычно длина посадочной шейки такой оправки меньше длины заготовки, а наличие канавок позволяет одновременно подрезать торцы заготовки при обработке на токарных станках. Точная фиксация положения заготовки по длине обеспечивается при напрессовке с помощью подкладных мерных колец. Недостатком применения таких оправок является необходимость введения дополнительных операций напрессовки и периодической правки базового отверстия. Натяг в соединении заготовка — оправка должен обеспечить прочность, позволяющую исключить поворот или сдвиг заготовки под действием момента сил и сил резания в процессе обработки.

На гладкой оправке, обеспечивающей установку с зазором (рис. 3.10, в), положение заготовки по длине определяется буртиком оправки, а поворот относительно оправки предотвращается сила-

ми трения, возникающими при затяжке гайки. Если базовое отверстие имеет шпоночный паз или шлицы, то соответственно оправка выполняется со шпонкой или шлицевой, что предотвращает ее поворот. Базовые отверстия заготовки выполняют по 7-му качеству, а точность центрирования, зависящая от размера зазора посадки, обычно не превышает 0,020...0,003 мм.

Жесткие оправки изготавливаются из стали марки 20Х, подвергаются цементации на глубину 1,2...1,5 мм и термической обработке до твердости 58...63 HRC. Рабочие поверхности шеек оправок обрабатываются по 7-му и 6-му качествам с шероховатостью $Ra\ 0,8...0,4$. На центральных отверстиях выполняются дополнительные фаски под углом 120° . Оправки диаметром более 80 мм обычно изготавливаются полыми.

Разжимные оправки исключают влияние зазора на точность базирования заготовки. На рис. 3.11 показаны различные виды разжимных оправок консольного типа.

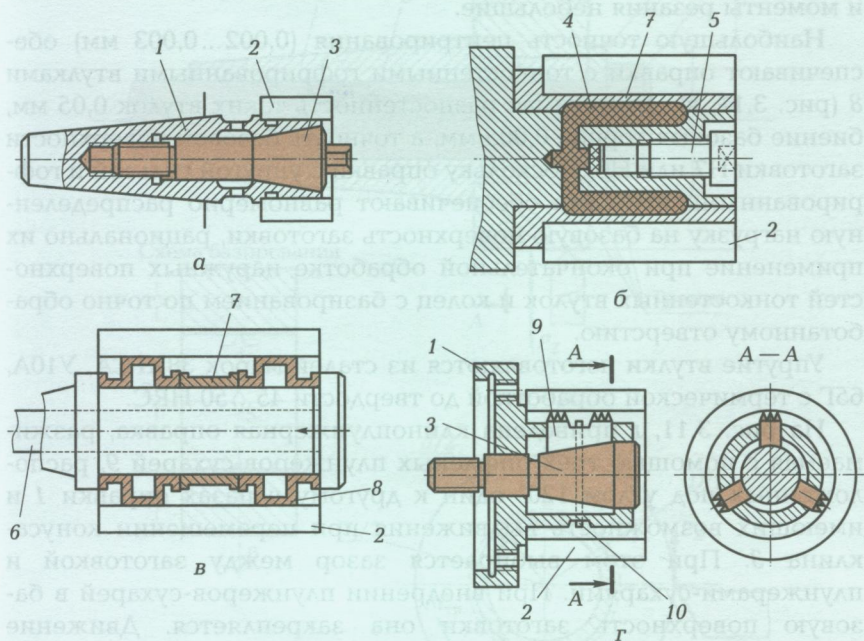


Рис. 3.11. Виды разжимных оправок консольного типа:

а — цанговая; б — с гидропластмассой; в — с гофрированными втулками; г — клиноплунжерная; 1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — конус-клин; 4 — гидропластмасса; 5 — винт; 6 — шток; 7 — тонкостенная упорная втулка; 8 — гофрированная втулка; 9 — плунжер-сухарь; 10 — пружина

Консольная цанговая разжимная оправка (рис. 3.11, а) с прорезями на рабочей части предназначена для установки заготовок с обработанными с точностью Н8—Н12 базовыми отверстиями. Точность центрирования таких оправок составляет 0,02...0,04 мм. Закрепление заготовки происходит вследствие деформации лепестков оправки 1 при натяжке внутреннего конуса-клина 3.

Оправка с упругой гильзой, разжимаемой внутри гидропластмассой 4 (рис. 3.11, б), обеспечивает точность центрирования 0,005...0,010 мм. Заготовку 2 закрепляют, затягивая винт 5, который создает давление на гидропластмассу, имеющую достаточную текучесть для равномерной передачи этого давления, и вязкость, исключаящую ее протечки в местах сопряжения. Под воздействием давления гидропластмассы тонкостенная упругая втулка 7 деформируется и заполняет зазор между заготовкой, закрепляя ее. Поскольку деформация втулки невелика, базовая поверхность заготовки должна быть обработана с точностью Н7—Н8. Обычно такие оправки применяются на операциях шлифования, где силы и моменты резания небольшие.

Наибольшую точность центрирования (0,002...0,003 мм) обеспечивают оправки с тонкостенными гофрированными втулками 8 (рис. 3.11, в). Допустимая разностенность таких втулок 0,05 мм, биение базовых торцов 0,005 мм, а точность базовой поверхности заготовки Н7 или Н6. Поскольку оправки с упругой гильзой и гофрированными втулками обеспечивают равномерно распределенную нагрузку на базовую поверхность заготовки, рационально их применение при окончательной обработке наружных поверхностей тонкостенных втулок и колец с базированием по точно обработанному отверстию.

Упругие втулки изготавливаются из сталей марок 38ХГСА, У10А, 65Г с термической обработкой до твердости 45...50 HRC.

На рис. 3.11, г приведена клиноплунжерная оправка, разжимаемая с помощью трех рифленых плунжеров-сухарей 9, расположенных под углом 120° один к другому в пазах оправки 1 и имеющих возможность выдвижения при перемещении конуса-клина 3. При этом выбирается зазор между заготовкой и плунжерами-сухарями. При внедрении плунжеров-сухарей в базовую поверхность заготовки она закрепляется. Движение плунжеров-сухарей осуществляется штоком силового привода, при обратном ходе которого они сходятся к центру под действием кольцевой пружины 10, удерживающей плунжеры от выпадения из корпуса. Точность центрирования таких оправок составляет 0,005...0,010 мм.

рис. 3.12.

та силы трения на валу, рассчитывается по формуле

$$M_{TD} = [(P_H/2)f(D_1/2)] + [(P_H/2)f(d/2)],$$

где $P_{\text{и}}$ — осевая сила на штоке механизированного привода, Н; D_1 — наружный диаметр быстросменной шайбы, м; d — диаметр

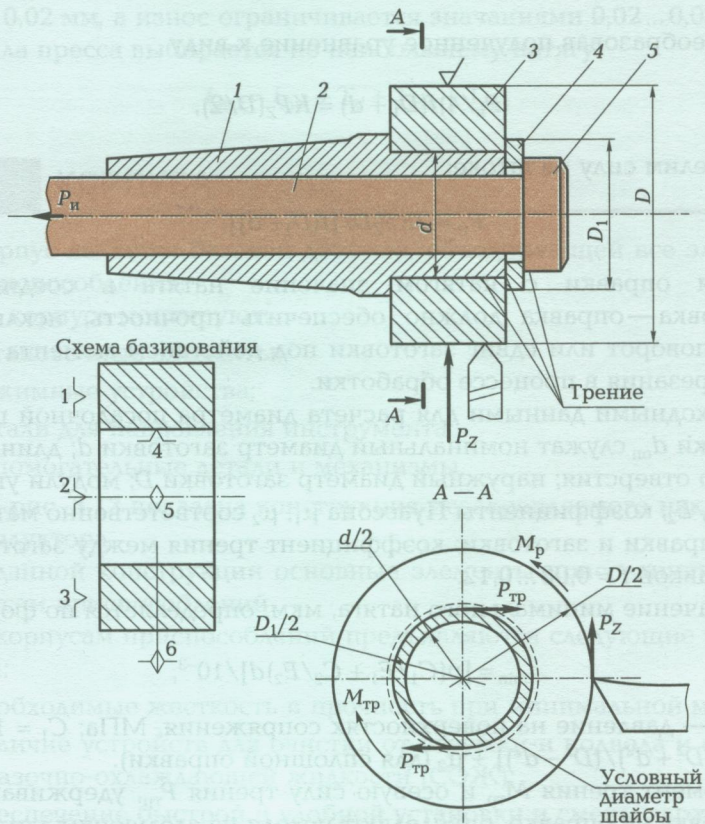


Рис. 3.12. Конструкция гладкой оправки и схема базирования детали:

1 — оправка; 2 — тяга; 3 — деталь; 4 — шайба; 5 — головка тяги

цилиндрической установочной части оправки, m ; f — коэффициент трения, $f = 0,10 \dots 0,15$.

Момент от силы резания

$$M_p = KP_Z(D/2),$$

где K — коэффициент запаса, $K = 1,5 \dots 2$; D — наружный диаметр поверхности обрабатываемой детали.

С учетом коэффициента запаса моменты должны уравновеситься:

$$M_{тр} = M_p,$$

т.е. можно записать

$$[(P_{и}/2)f(D_1/2)] + [(P_{и}/2)f(d/2)] = KP_Z(D/2).$$

Преобразовав полученное уравнение к виду

$$(P_{и}/4)f(D_1 + d) = KP_Z(D/2),$$

определим силу на штоке:

$$P_{и} = 2KP_ZD/[f(D_1 + d)].$$

Для оправки с натягом значение натяга в соединении заготовка — оправка должно обеспечить прочность, исключаящую поворот или сдвиг заготовки под действием момента сил и силы резания в процессе обработки.

Исходными данными для расчета диаметра посадочной шейки оправки $d_{оп}$ служат номинальный диаметр заготовки d ; длина l базового отверстия; наружный диаметр заготовки D ; модули упругости E_1 , E_2 ; коэффициенты Пуассона μ_1 , μ_2 соответственно материалов оправки и заготовки; коэффициент трения между заготовкой и оправкой $f = 0,08 \dots 0,12$.

Значение минимального натяга, мкм, определяется по формуле

$$i_{min} = [p(C_1/E_1 + C_2/E_2)d]/10^{-3},$$

где p — давление на поверхностях сопряжения, МПа; $C_1 = 1 - \mu_1$; $C_2 = [(D^2 + d^2)/(D^2 - d^2)] + \mu_2$ (для сплошной оправки).

Момент трения $M_{тр}$ и осевую силу трения $P_{тр}$, удерживающие заготовку на оправке, определяют исходя из следующих условий:

$$M_{тр} = kM = fp\pi d^2 l/2;$$

$$P_{\text{тр}} = kP = f\pi d l,$$

где k — коэффициент запаса, $k = 1,5 \dots 2$; M и P — соответственно момент или сила резания, действующие на заготовку.

После выполнения необходимых преобразований получим

$$i_{\min} = 2M_{\text{тр}}(C_1/E_1 + C_2/E_2)/(10^{-3}\pi d l f) = P_{\text{тр}}(C_1/E_1 + C_2/E_2)/(10^{-3}\pi l f).$$

Для определения диаметра оправки необходимо рассмотреть поле расположения допусков в соединении оправка — заготовка, откуда максимальный диаметр оправки можно записать в виде

$$d_{\text{опmax}} = d + T_d + i_{\min} + T_{\text{оп}} + T_{\text{изн}},$$

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

Обычно допуск на изготовление оправки выбирают равным $0,01 \dots 0,02$ мм, а износ ограничивается значениями $0,02 \dots 0,03$ мм.

Сила пресса выбирается по наибольшему натягу:

$$i_{\max} = i_{\min} + T_d + T_{\text{изн}} + T_{\text{оп}}.$$

3.3. КОРПУСА

Корпус является базовой деталью, объединяющей все элементы приспособления.

На корпусе монтируют:

- установочные элементы;
- зажимные устройства;
- детали для направления инструмента;
- вспомогательные детали и механизмы.

На рис. 3.13 показана конструкция незакрепляемого накладного кондуктора.

В данной конструкции основные элементы присоединяются к корпусам приспособлений.

К корпусам приспособлений предъявляются следующие требования:

- необходимые жесткость и прочность при минимальной массе;
- наличие устройств для очистки от стружки и подвода и отвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ);
- обеспечение быстрой и удобной установки и смены заготовок;
- обеспечение установки и закрепления заготовки на станке без выверки;

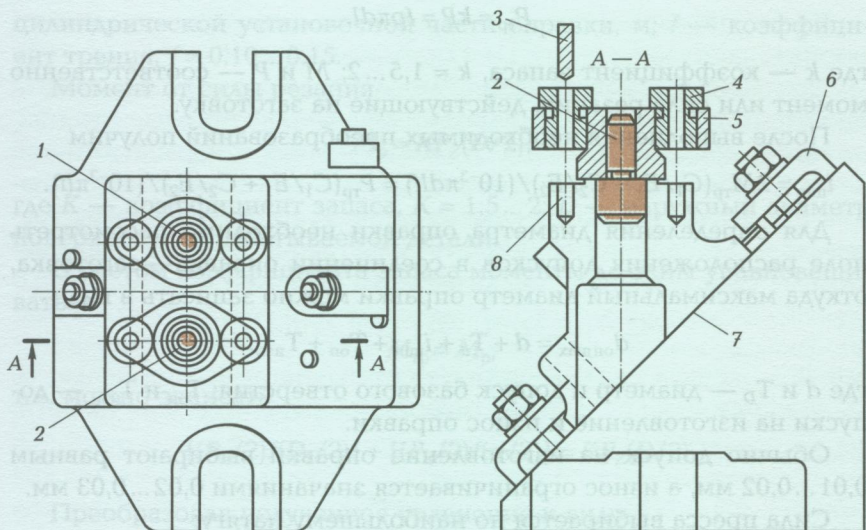


Рис. 3.13. Конструкция незакрепляемого накладного кондуктора:

1, 2 — установочные элементы (пальцы); 3 — осевой инструмент (сверло); 4 — деталь для направления инструмента; 5 — установочный элемент (кондукторная плита); 6 — зажимное устройство; 7 — корпус приспособления; 8 — корпус кондуктора

- по возможности простота изготовления и обеспечение безопасной работы приспособления.

Корпуса приспособлений на столах станков закрепляются с помощью болтов, заводимых в Т-образные пазы стола, или с помощью прихватов (рис. 3.14).

Корпуса приспособлений могут изготавливаться:

- литыми из серого чугуна;
- сварными из листовой стали;

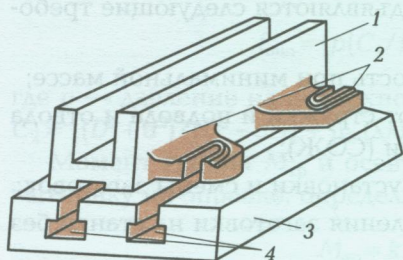


Рис. 3.14. Схема крепления зажимного приспособления станка:

1 — корпус приспособления; 2 — проушины; 3 — стол станка; 4 — пазы

- кованными из стали;
- сварно-литыми;
- из отдельных стандартизованных деталей, скрепленных винтами.

На рис. 3.15 показаны стандартизованные элементы корпусов. Корпуса приспособлений из чугуна марок СЧ12, СЧ18, СЧ32, применяемые для обеспечения обработки на станках заготовок мелких и средних размеров, изготавливаются из литых стандартных заготовок. Такие заготовки имеют следующие преимущества по сравнению с корпусами из сталей: они дешевле и им легче придать сложную форму. Недостаток чугунных корпусов заключается в возможности их коробления, поэтому после предварительной механической обработки они подвергаются термообработке, т.е. естественному или искусственному старению.

Сварные стальные корпуса применяются в основном в приспособлениях, предназначенных для обработки заготовок крупных

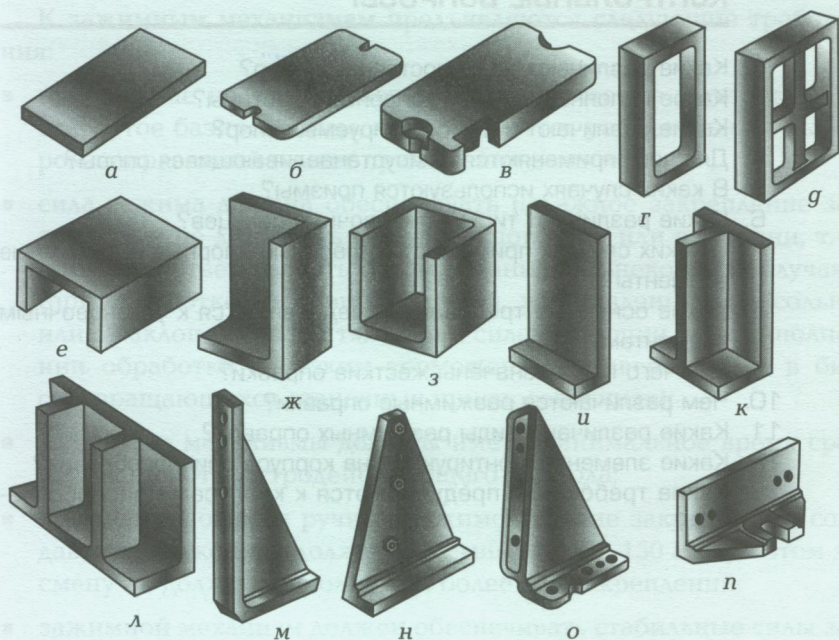


Рис. 3.15. Стандартизованные элементы корпусов:

а — плита стальная; б, в — плиты чугунные; г, д — коробки; е — швеллер; ж — трехгранник; з — четырехгранник; и — угольник; к, л — угольники с ребрами; м—о — ребра; п — планка

деталей. Такие корпуса по сравнению с литыми или с чугунными корпусами имеют следующие преимущества: меньший вес, меньшую стоимость и они проще в изготовлении. Недостатком сварных корпусов является деформация при сварке, т.е. возникновение в деталях корпуса остаточных напряжений, влияющих на точность сварного шва. Для снятия остаточных напряжений сварные корпуса подвергаются термообработке в виде отжига. Для обеспечения большей жесткости к сварным корпусам приваривают уголки, служащие ребрами жесткости.

Кованные стальные корпуса применяются для приспособлений, предназначенных для обработки заготовок небольших размеров простой формы.

Размеры корпуса приспособления определяют взаимное положение установочных поверхностей деталей, основных и вспомогательных баз. Также в основном эти размеры определяют погрешность обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие различают виды постоянных опор?
2. Какое исполнение имеют опорные пластины?
3. Какие различают виды регулируемых опор?
4. Для чего применяются самоустанавливающиеся опоры?
5. В каких случаях используются призмы?
6. Какие различают типы установочных пальцев?
7. В каких случаях применяются шаровые опорные и зажимные элементы?
8. Какие основные требования предъявляются к установочным элементам?
9. Для чего предназначены жесткие оправки?
10. Чем различаются разжимные оправки?
11. Какие различают виды разжимных оправок?
12. Какие элементы монтируются на корпусе приспособления?
13. Какие требования предъявляются к корпусам приспособлений?

ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

4.1. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЖИМНЫМ МЕХАНИЗМАМ И МЕТОДИКА ИХ РАСЧЕТА

Выбрав способ базирования детали и разместив установочные элементы в приспособлении, определяют места приложения, направления и значения сил, необходимых для зажима обрабатываемой детали.

К зажимным механизмам предъявляются следующие требования:

- при зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием, что достигается рациональным выбором направлений и мест приложения зажимов;
- сила зажима должна обеспечивать надежное закрепление заготовки и не допускать ее сдвига, поворота или вибрации, т.е. должна соответствовать силам резания, а в некоторых случаях (при обработке массивных деталей, установленных консольно или с наклоном) силам тяжести и силам инерции (при выполнении обработки с резким торможением, реверсом или в быстровращающихся станочных приспособлениях);
- зажимные механизмы должны иметь минимальное время срабатывания от быстродействующего привода;
- при использовании ручных зажимов усилие закрепления, создаваемое рукой, не должно превышать 140...150 Н, при этом за смену не должно выполняться более 750 закреплений;
- зажимной механизм должен обеспечивать стабильные силы закрепления, что уменьшает погрешность обработки;
- зажимной механизм должен обеспечивать минимальные деформации и повреждения поверхностей заготовок при изготовлении точных деталей;

- ответственные детали зажимных механизмов должны быть прочными и износостойкими;
- в зажимных механизмах должна предусматриваться защита от попадания стружки и загрязнения;
- конструкция зажимного механизма должна быть удобной в наладке, эксплуатации и включать в себя возможно большее число стандартных деталей и сборочных единиц.

Принцип действия и конструкцию необходимого зажимного устройства обуславливают конкретные условия выполнения операций: тип производства, значения сил резания, действующих на заготовку при выполнении обработки, конструктивные особенности заготовки, тип станка.

При конструировании нового станочного приспособления силу закрепления P_z находят из условия обеспечения равновесия заготовки под действием сил резания, тяжести, инерции, трения, реакций в опорах и собственно силы закрепления.

При расчетах силы закрепления следует учитывать упругую характеристику зажимного механизма.

Методика силового расчета станочных приспособлений в некоторой степени определяется применяемыми зажимными устройствами, которые подразделяются на три группы.

К первой группе относятся зажимные устройства (рис. 4.1), имеющие в своем составе силовой механизм (СМ) и привод (П), обеспечивающий перемещение контактного элемента (К) и создающий исходную силу $P_{и}$, преобразуемую силовым механизмом в силу зажима P_z .

На рис. 4.1 показано приспособление с пневмозажимом, предназначенное для фрезерования корпусных деталей на карусельно-фрезерном станке. Это приспособление оснащено пневмоцилиндром 4 с поршнем 5. Давление поршня через шток 7 передается на рычаг 3, который поворачивается вокруг оси 2 и зажимает заготовку.

Деталь фрезеруется по плоскости разъема непрерывно. При этом на столе станка крепится двенадцать зажимных приспособлений, соединяемых трубопроводами с воздухораспределительным устройством 6, которое размещается в центральной отверстии стола станка. Воздух к каждому приспособлению подается с помощью крана управления 1.

Используемые в рассматриваемых устройствах приводы достаточно разнообразны: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические и т.д.

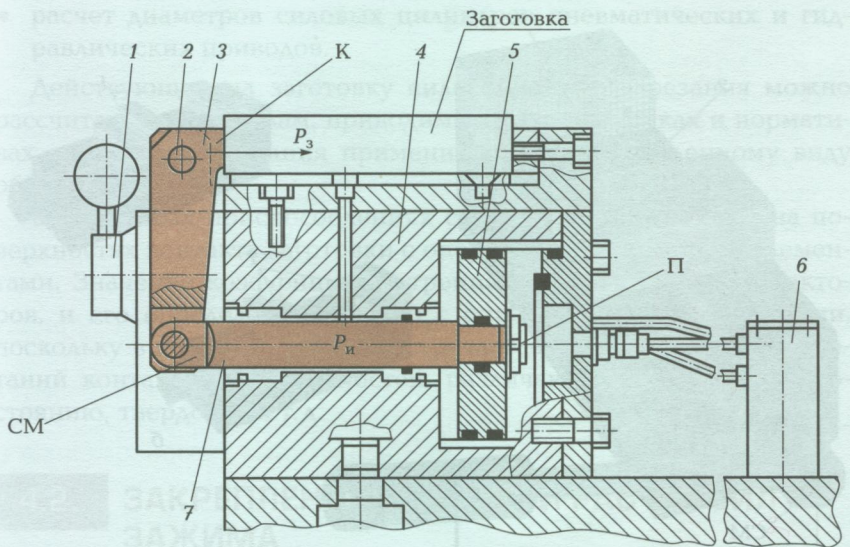


Рис. 4.1. Конструкция зажимного устройства с силовым механизмом и приводом:

1 — кран управления; 2 — ось; 3 — рычаг; 4 — пневмоцилиндр; 5 — поршень; 6 — воздухораспределительное устройство; 7 — шток

Зажимные устройства первой группы применяются в серийном и крупносерийном производстве.

Во вторую группу входят зажимные устройства (рис. 4.2), состоящие лишь из силового механизма, приводимого в действие непосредственно рабочим, прилагающим исходное усилие $P_{и}$ на плече L . Эти устройства, иногда называемые зажимными устройствами с ручным приводом, применяются в единичном и мелкосерийном производстве.

К третьей группе относятся зажимные устройства (рис. 4.3), которые в своем составе не имеют силового механизма, а используемые в них приводы лишь условно можно назвать приводами, так как они не вызывают перемещений элементов зажимного устройства, а только создают зажимное усилие $P_{з}$, которое в этих устройствах является равнодействующей равномерно распределенной нагрузки q , непосредственно действующей на заготовку и создаваемой либо с помощью атмосферного давления, либо с помощью магнитного силового потока.

К третьей группе относятся вакуумные и магнитные зажимные устройства, применяемые при любых видах производства.

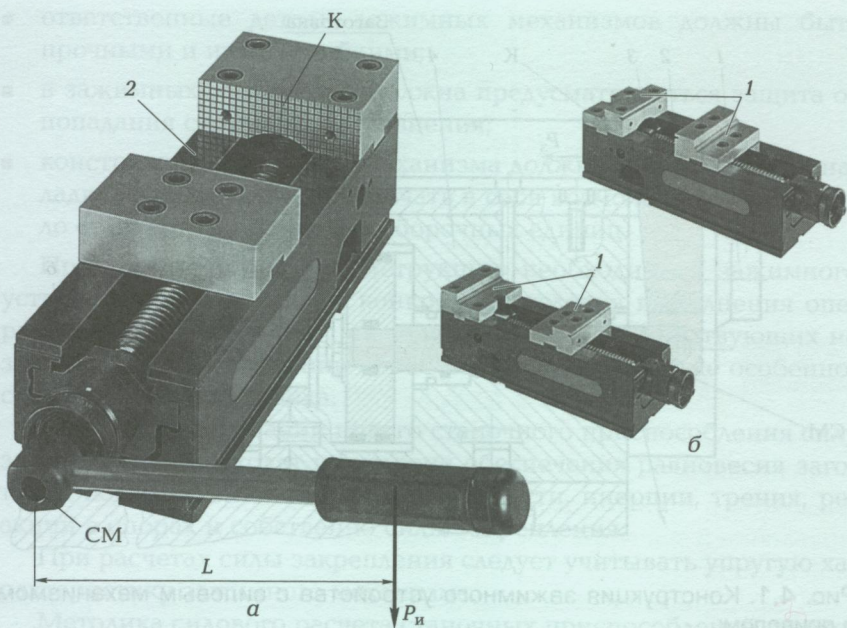


Рис. 4.2. Многофункциональные тиски (а), оснащенные сменными губками различной конфигурации (б):

1 — губки; 2 — платформа

Силовой расчет станочных приспособлений включает в себя:

- определение сил и моментов резания;
- выбор коэффициента трения f ;
- составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета силы зажима $P_{\text{з}}$;
- расчет коэффициента надежности закрепления K ;
- составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета исходной силы $P_{\text{и}}$;

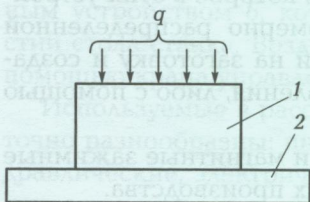


Рис. 4.3. Схема установки заготовки на вакуумной или на магнитной плите:

1 — заготовка; 2 — плита

- расчет диаметров силовых цилиндров пневматических и гидравлических приводов.

Действующие на заготовку силы и моменты резания можно рассчитать по формулам, приводимым в справочниках и нормативах по режимам резания применительно к определенному виду обработки.

В станочных приспособлениях силы трения возникают на поверхностях контакта заготовки с опорными и зажимными элементами. Значение коэффициента трения зависит от многих факторов, и его определение связано с определенными трудностями, поскольку в приспособлениях встречается много различных сочетаний контактных поверхностей, различающихся по форме, состоянию, твердости и т.д.

4.2. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА

Выбрав способ базирования детали и разместив установочные элементы в приспособлении, определяют значения, места приложения и направления сил для зажима обрабатываемой детали.

Выбрав конструкцию зажимных устройств, выбирают конструкцию привода, обеспечивающего их перемещение для зажима и разжима детали в приспособлении.

Значения сил зажима и их направления определяются в зависимости от сил резания и моментов, действующих на обрабатываемую деталь.

При закреплении недостаточно жестких деталей точки приложения сил зажима должны размещаться над опорами или как можно ближе к опорам приспособления, а при закреплении жестких деталей — между опорами.

Силы зажима детали в приспособлении можно определить, решив задачу статики на равновесие твердого тела, находящегося под действием всех приложенных к нему сил и моментов.

Значения сил резания и их моментов определяются по формулам теории резания металлов или выбираются по нормативным справочникам. Найденное значение сил резания для обеспечения надежности зажима детали умножают на коэффициент запаса $K = 1,4 \dots 2,6$ (при чистовой обработке $K = 1,4$, при черновой обработке $K = 2,6$).

Значение коэффициента запаса зависит от условий обработки детали на станке:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

где $K_0 = 1,5$ — гарантированный коэффициент запаса при всех случаях обработки; K_1 — коэффициент, зависящий от вида поверхности детали (необработанная или обработанная); K_2 — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента; K_3 — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при обработке прерывистых поверхностей детали; K_4 — коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления; K_5 — коэффициент, учитывающий моменты (при их наличии), стремящиеся повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси.

Рассмотрим несколько вариантов действия на обрабатываемую деталь сил резания, зажима и их моментов (рис. 4.4).

Первый вариант (рис. 4.4, а). Сила зажима P_3 , приложенная к обрабатываемой детали 1, и сила резания P одинаково направлены и прижимают деталь к опоре 2 приспособления. При этом требуется минимальная сила зажима $P_{3\min}$.

Второй вариант (рис. 4.4, б). Сила зажима P_3 и сила резания P действуют на обрабатываемую деталь 1 в противоположных направлениях. В этом случае требуемая сила зажима

$$P_3 = KP.$$

Третий вариант (рис. 4.4, в). Сила зажима P_3 и сила резания P действуют на обрабатываемую деталь во взаимно-перпендикулярных направлениях. При этом силе резания P противодействуют сила трения $P_3 f_1$ между нижней базовой плоскостью детали и опорными штырями приспособления и сила трения $P_3 f_2$ между верхней плоскостью детали и зажимными элементами. В этом случае

$$P_3 f_1 + P_3 f_2 = KP,$$

откуда требуемая сила зажима

$$P_3 = KP / (f_1 + f_2),$$

где f_1 и f_2 — коэффициенты трения между деталью и установочными зажимными элементами приспособления.

При $f_1 = f_2 = 0,1$ сила зажима $P_3 = 5KP$.

Четвертый вариант (рис. 4.4, г). Сила зажима P_3 прижимает деталь к опорам, при этом одна сила резания P_1 имеет одинаковое направление с силой зажима и прижимает деталь к нижним опорам, а вторая сила резания P_2 действует в направлении, перпендикулярном силе зажима. Смещению детали в приспособлении пре-

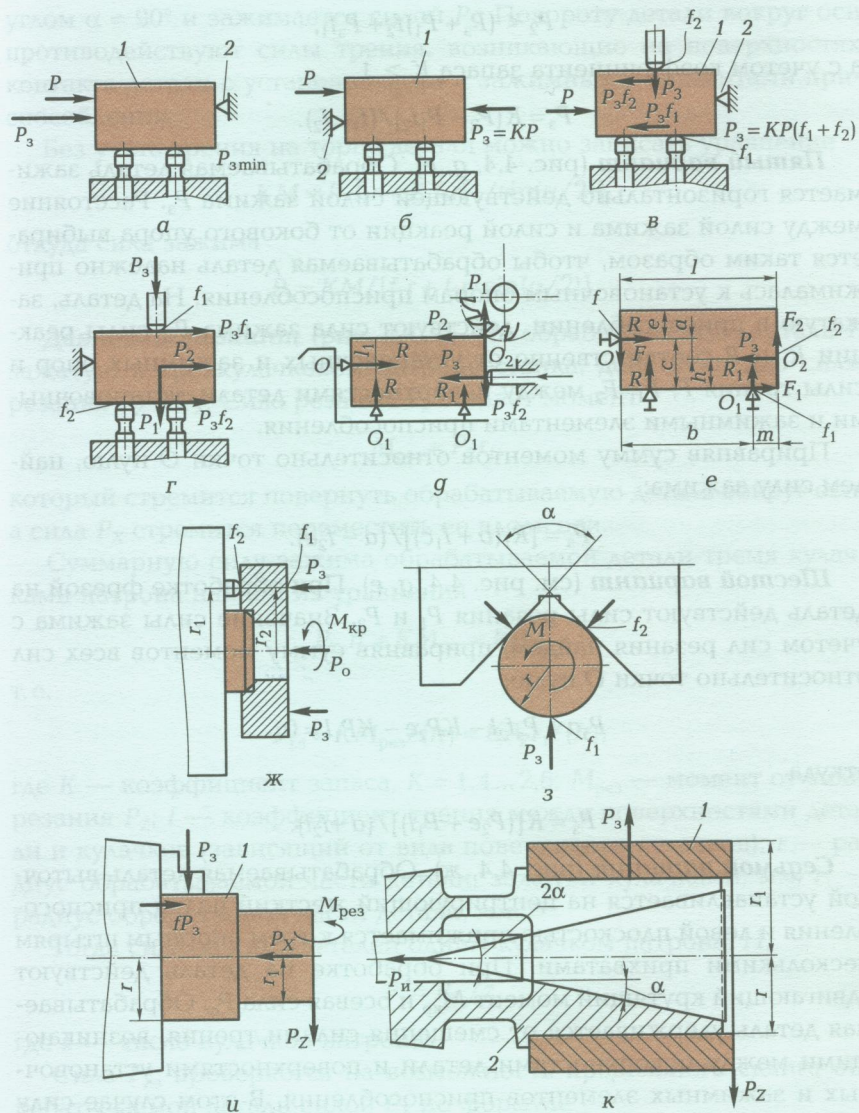


Рис. 4.4. Варианты (а—к) действия сил резания и сил зажима на деталь, установленную в приспособлении:

1 — деталь; 2 — опора приспособления

пятствуют силы трения, возникающие на плоскостях контакта детали с установочными и зажимными элементами приспособления. В этом случае сила зажима определяется соотношением

$$P_2 < (P_3 + P_1)f_2 + P_3f_1,$$

а с учетом коэффициента запаса $K > 1$

$$P_3 = K(P_2 - P_1f_2)/(f_1 + f_2).$$

Пятый вариант (рис. 4.4, г, е). Обрабатываемая деталь зажимается горизонтально действующей силой зажима P_3 . Расстояние между силой зажима и силой реакции от бокового упора выбирается таким образом, чтобы обрабатываемая деталь надежно прижималась к установочным опорам приспособления. На деталь, зажатую в приспособлении, действуют сила зажима P_3 , силы реакции R_1 и R соответственно от установочных и зажимных опор и силы трения F , F_1 , F_2 между поверхностями детали, установочными и зажимными элементами приспособления.

Приравняв сумму моментов относительно точки O нулю, найдем силу зажима:

$$P_3 = [R_1(b + f_1c)]/(a - f_2e).$$

Шестой вариант (см. рис. 4.4, г, е). При обработке фрезой на деталь действуют силы резания P_1 и P_2 . Значение силы зажима с учетом сил резания найдем, приравняв сумму моментов всех сил относительно точки O нулю:

$$P_3a + P_3f_2l - KP_2e - KP_1l = 0,$$

откуда

$$P_3 = K[(P_2e + P_1l)]/(a + f_2l).$$

Седьмой вариант (рис. 4.4, ж). Обрабатываемая деталь выточкой устанавливается на центрирующий жесткий палец приспособления и левой плоскостью прижимается к трем опорным штырям несколькими прихватами. При обработке на деталь действуют сдвигающий крутящий момент $M_{кр}$ и осевая сила P_o . Обрабатываемая деталь удерживается от смещения силами трения, возникающими между поверхностями детали и поверхностями установочных и зажимных элементов приспособления. В этом случае силу зажима определяют из равенства

$$KM_{кр} = f_1P_3r_2 + f_2P_3r_1 + f_2P_or_1,$$

откуда

$$P_3 = (KM_{кр} - f_2P_or_1)/(f_1r_2 + f_2r_1).$$

Восьмой вариант (рис. 4.4, з). Обрабатываемая деталь наружной цилиндрической поверхностью устанавливается в призме с

углом $\alpha = 90^\circ$ и зажимается силой P_3 . Повороту детали вокруг оси противодействуют силы трения, возникающие на поверхностях контакта детали с установочными и зажимными элементами приспособления.

Без учета трения на торце детали можно записать уравнение

$$KM = P_3 f_1 r + P_3 f_2 r [1/\sin(\alpha/2)],$$

откуда сила зажима

$$P_3 = KM/[f_1 r + f_2 r/\sin(\alpha/2)].$$

Девятый вариант (рис. 4.4, и). На обрабатываемую деталь 1, зажатую в трехкулачковом патроне станка, действуют две силы резания P_Z и P_X . Сила резания P_Z создает момент

$$M_{\text{рез}} = P_Z r_1,$$

который стремится повернуть обрабатываемую деталь вокруг оси, а сила P_X стремится переместить ее вдоль оси.

Суммарную силу зажима обрабатываемой детали тремя кулачками патрона найдем из уравнения

$$P_{\Sigma 3} f r = KM_{\text{рез}} = KP_Z r_1,$$

т. е.

$$P_{\Sigma 3} = KM_{\text{рез}}/(fr) = KP_Z r_1/(fr),$$

где K — коэффициент запаса, $K = 1,4 \dots 2,6$; $M_{\text{рез}}$ — момент от силы резания P_Z ; f — коэффициент трения между поверхностями детали и кулачков (зависящий от вида поверхности кулачков); r — радиус обрабатываемой части детали, зажатой кулачками, мм; r_1 — радиус обработанной части детали, мм.

Тогда сила зажима деталей одним кулачком патрона, Н,

$$P_3 = P_{\Sigma 3}/z,$$

где z — число кулачков патрона.

Сила $P_{\Sigma 3}$ проверяется на возможность продольного сдвига обрабатываемой детали силой P_X по формуле

$$P_{\Sigma 3} f \geq KP_X,$$

откуда

$$P_{\Sigma 3} \geq KP_X/f.$$

Десятый вариант (рис. 4.4, к). На обрабатываемую деталь 1, установленную и зажатую на цанговой оправке, действует сила резания P_Z , создающая при обработке момент резания $M_{\text{рез}}$, кото-

рому противодействует момент от силы трения $M_{тр}$ между установочной поверхностью цанги и обрабатываемой деталью.

Суммарную силу зажима $P_{\Sigma 3}$ обрабатываемой детали всеми лепестками цанги можно определить из уравнения

$$P_{\Sigma 3} fr = KM_{рез} = KP_Z r_1,$$

т.е.

$$P_{\Sigma 3} = KM_{рез} / (fr) = KP_Z r_1 / (fr).$$

Момент от силы трения

$$M_{тр} = P_{\Sigma 3} fr.$$

Фактические силы зажима детали, создаваемые зажимными механизмами, должны равняться расчетным силам зажима или быть несколько больше их. Фактические силы зажима детали зависят от значения исходной силы $P_{и}$, привода и передаточного отношения между фактической силой зажима P_3 детали и исходной силой $P_{и}$ для конкретного зажимного устройства приспособления.

Зависимость между силами P_3 и $P_{и}$ определяется равенством

$$P_3 = P_{и} i,$$

откуда

$$i = P_3 / P_{и},$$

где P_3 — фактическая сила зажима обрабатываемой детали, Н; f — коэффициент трения между деталью и цангой; $P_{и}$ — исходная сила, развиваемая рабочим или механизированным приводом, Н; i — передаточное отношение между силами.

4.3. ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Зажимные устройства приспособлений служат для зажима (закрепления) и разжима (раскрепления) деталей, обрабатываемых на станках. Эти устройства не должны изменять положение детали в приспособлении при ее закреплении и допускать ее смещение при обработке на станке. Зажимные устройства приспособлений подразделяются на простые (элементарные) и комбинированные, т.е. состоящие из нескольких простых. Простые зажимные устройства (зажимы), состоящие из одного элементарного зажима, могут быть клиновыми, винтовыми, эксцентриковыми, рычаж-

ными и т.д. Комбинированные зажимные устройства, состоящие из нескольких простых устройств, соединенных вместе, изготавливаются винторычажными, рычажно-эксцентриковыми и др.

В зависимости от числа ведомых звеньев зажимные устройства подразделяются на однозвенные и многозвенные. Любое зажимное устройство приспособления включает в себя ведущее звено, на которое действует исходная сила, и несколько ведомых звеньев — кулачков или прихватов, непосредственно зажимающих детали.

Многозвенные зажимные устройства позволяют зажимать одну деталь одновременно в нескольких местах или несколько деталей одновременно в многоместном приспособлении. В зависимости от источника силы, используемой для зажима детали, зажимные устройства подразделяются на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные зажимные устройства приводят в действие непосредственно рабочий за счет мускульной силы. Механизированные зажимные устройства работают от пневматического или от гидравлического привода. Автоматизированные зажимные устройства перемещаются движущимися узлами станка, шпинделя, суппорта, патронов с кулачками, на которые действуют центробежные силы вращающихся грузов патрона. При этом зажим и разжим детали производятся без участия рабочего.

Клиновой зажим. Для надежного закрепления обрабатываемой детали в приспособлении клин должен быть самотормозящимся, т.е. он должен зажимать обрабатываемую деталь после прекращения действия на него исходной силы $P_{\text{и}}$ (рис. 4.5, а). Клиновые зажимы применяются в качестве промежуточных звеньев в сложных зажимных системах. Они также позволяют увеличивать и изменять направление передаваемой силы.

При расположении передаваемых сил односкосым клиновым механизмом получаемая зависимость между силами P_3 и $P_{\text{и}}$ определяется из силового многоугольника, показанного на рис. 4.5, б:

$$P_{\text{и}} = P_3 \{ \cos \varphi_3 \sin [\alpha \pm (\varphi_1 + \varphi_2)] \} / \{ \cos \varphi_1 \cos [\alpha \pm (\varphi_2 + \varphi_3)] \}$$

(знак «+» относится к закреплению клина, а знак «-» — к откреплению).

Самоторможение клина обеспечивается при малых углах α наклона его поверхности, т.е. происходит при $\alpha < \varphi_1 + \varphi_2$. На рис. 4.5, б приведена схема сил, действующих в односкосом клиновом механизме (зажиме). Кроме исходной силы $P_{\text{и}}$ в этом случае на клин действуют нормальные силы N_1 и N_2 и силы трения F_1 и F_2 по его боковым поверхностям. Если $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$, то для односкосо-

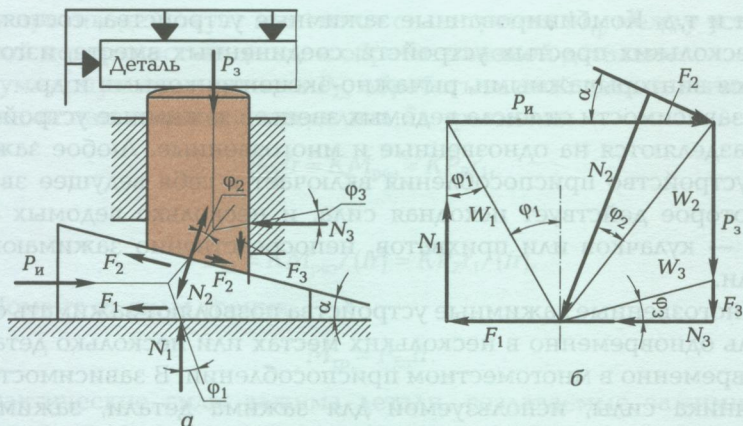


Рис. 4.5. Силы, действующие в односкосом зажиме (а), и соответствующий силовой многоугольник (б):

W — результирующая силы трения и нормальной силы

го клина при расположении передаваемой силы под прямым углом зависимость между силами $P_{\text{и}}$ и P_3 выражается формулой

$$P_{\text{и}} = P_3 \operatorname{tg}(\alpha + 2\varphi).$$

Клиновые зажимы применяются в приспособлениях в сочетании с другими элементарными зажимами.

Рычажный зажим. Для определения соотношения между исходной силой $P_{\text{и}}$ механизированного привода и силой зажима P_3 детали рассмотрим их действие на прямой рычаг (рис. 4.6, а). Сила $P_{\text{и}}$ от механизированного привода действует на левый конец рычага на расстоянии l_1 от оси качания, проходящей через точку O . Сила $P_{\text{и}}$ поворачивает рычаг на оси вокруг точки O , а правый конец рычага при этом зажимает обрабатываемую деталь с силой P_3 , проходящей на расстоянии l от точки O . Вследствие различия плеч l_1 и l рычага, а также учитывая потери на трение на его оси при повороте, можно утверждать, что силы $P_{\text{и}}$ и P_3 будут различными.

Реакцию на оси рычага обозначим через N . От силы N возникает сила трения Nf_0 , действующая навстречу вращению рычага. Для определения силы N запишем уравнение равновесия рычага относительно точки O_1 без учета силы трения:

$$M_{O_1} = Nl - P_{\text{и}}(l_1 + l) = 0;$$

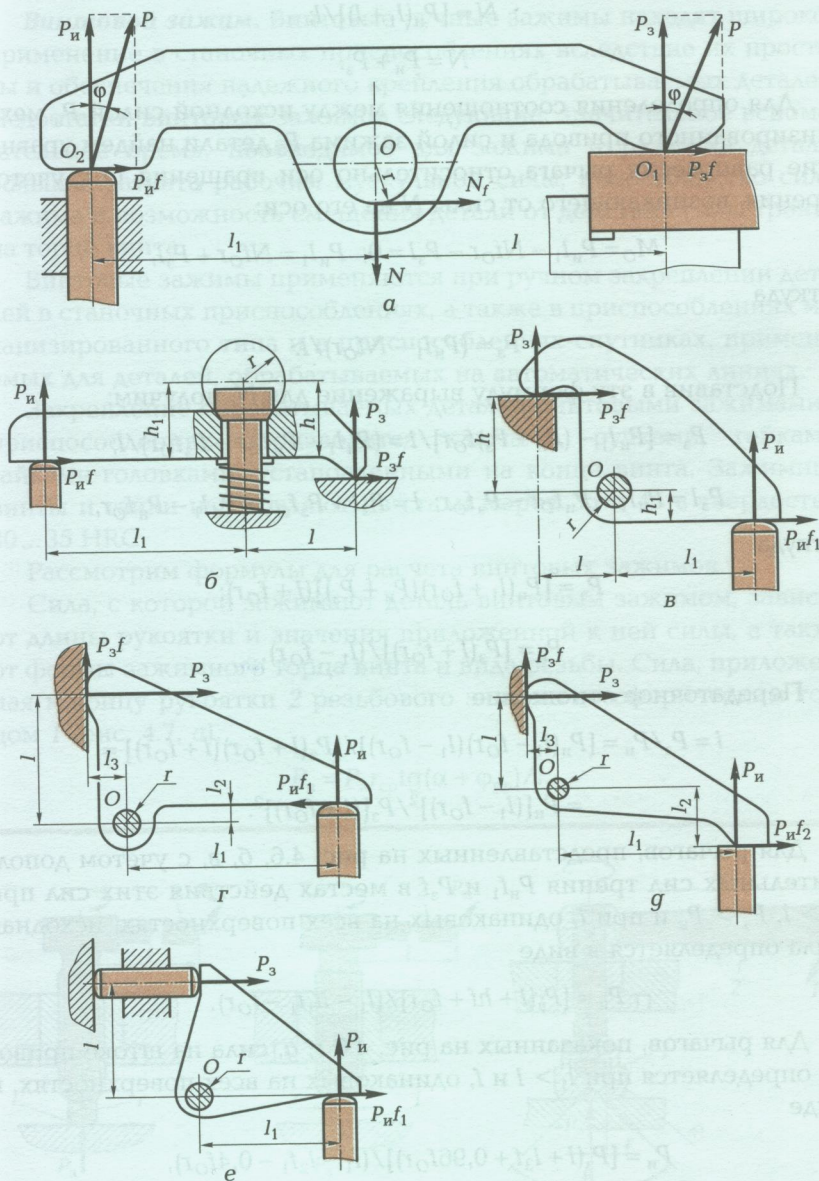


Рис. 4.6. Схемы (а–е) сил, действующих в различных рычажных механизмах станочного приспособления

$$N = [P_{\text{и}}(l_1 + l)]/l;$$

$$N = P_{\text{и}} + P_3.$$

Для определения соотношения между исходной силой $P_{\text{и}}$ механизированного привода и силой зажима P_3 детали найдем уравнение равновесия рычага относительно оси вращения O с учетом трения, возникающего от силы N на его оси:

$$M_O = P_{\text{и}}l_1 - Nf_{Or} - P_3l = 0; \quad P_{\text{и}}l_1 = Nf_{Or} + P_3l,$$

откуда

$$P_3 = (P_{\text{и}}l_1 - Nf_{Or})/l.$$

Подставив в эту формулу выражение для N , получим:

$$P_3 = [P_{\text{и}}l_1 - (P_{\text{и}} + P_3)f_{Or}]/l = (P_{\text{и}}l_1 - P_{\text{и}}f_{Or} + P_3f_{Or})/l;$$

$$P_3l = P_{\text{и}}l_1 - P_{\text{и}}f_{Or} - P_3f_{Or}; \quad l = P_3l + P_3f_{Or} = P_{\text{и}}l_1 - P_{\text{и}}f_{Or},$$

откуда

$$P_3 = [P_{\text{и}}(l_1 + f_{Or})(P_{\text{и}} + P_3)]/(l + f_{Or});$$

$$P_{\text{и}} = [P_3(l + f_{Or})]/(l_1 - f_{Or}).$$

Передаточное отношение

$$\begin{aligned} i = P_3/P_{\text{и}} &= [P_{\text{и}}(l_1 - f_{Or})(l_1 - f_{Or})]/[P_3(l + f_{Or})(l + f_{Or})] = \\ &= P_{\text{и}}[(l_1 - f_{Or})]^2/P_3[(l + f_{Or})]^2. \end{aligned}$$

Для рычагов, представленных на рис. 4.6, б, в, с учетом дополнительных сил трения $P_{\text{и}}f_1$ и P_3f в местах действия этих сил при $l_1 > l$, $P_3 > P_{\text{и}}$ и при f , одинаковых на всех поверхностях, исходная сила определяется в виде

$$P_{\text{и}} = [P_3(l + hf + f_{Or})]/(l_1 - h_1f_1 - f_{Or}).$$

Для рычагов, показанных на рис. 4.6 г, г, сила на штоке привода определяется при $l_1 > l$ и f , одинаковых на всех поверхностях, в виде

$$P_{\text{и}} = [P_3(l + l_3f + 0,96f_{Or})]/(l_1 - l_2f_1 - 0,4f_{Or}),$$

а при $l_1 = l$ по формуле

$$P_{\text{и}} = [P_3(l + l_3f + 1,4f_{Or})]/(l - l_2f_1).$$

Для рычага, показанного на рис. 4.6, е, при $l_1 \geq l$ исходная сила

$$P_{\text{и}} = [P_3(l + 0,96f_{Or})]/(l_1 - 0,4f_{Or}).$$

Винтовой зажим. Винтовые ручные зажимы находят широкое применение в станочных приспособлениях вследствие их простоты и обеспечения надежного крепления обрабатываемых деталей. Недостатки винтовых зажимов следующие: значительное вспомогательное время, необходимое для зажима и разжима детали; большая затрата рабочим мускульной силы; непостоянство силы зажима и возможность смещения детали от действия силы трения на торце винта.

Винтовые зажимы применяются при ручном закреплении деталей в станочных приспособлениях, а также в приспособлениях механизированного типа и в приспособлениях-спутниках, применяемых для деталей, обрабатываемых на автоматических линиях.

Закрепление обрабатываемых деталей винтовыми зажимами в приспособлениях производится ключами, ручками, гайками, гайками-головками, установленными на конце винта. Зажимные винты и гайки изготовляют из стали марок 35 и 45 с твердостью 30...35 HRC.

Рассмотрим формулы для расчета винтовых зажимов.

Сила, с которой зажимают деталь винтовым зажимом, зависит от длины рукоятки и значения приложенной к ней силы, а также от формы зажимного торца винта и вида резьбы. Сила, приложенная к концу рукоятки 2 резьбового зажима со сферическим торцом 1 (рис. 4.7, а),

$$P_{\text{и}} = P_3 r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) / l.$$

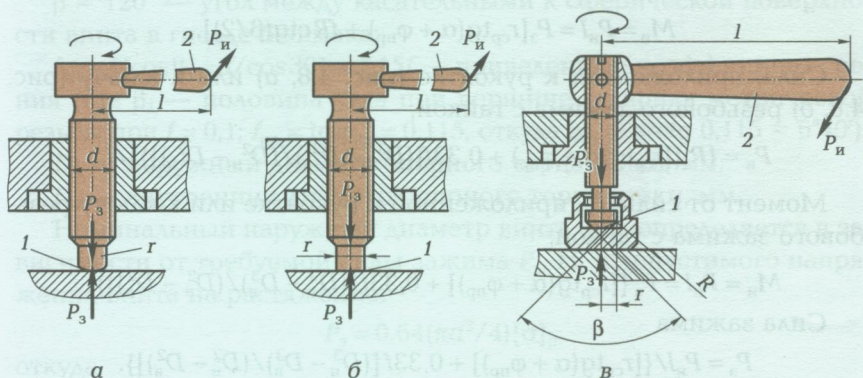


Рис. 4.7. Схемы для расчета различных винтовых зажимов:

а — со сферическим торцом винта; б — с плоским торцом винта; в — со сферическим торцом винта, упирающимся в конусное гнездо зажимного башмака; 1 — торец винта; 2 — рукоятка

Сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} l / [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}})].$$

Момент от силы $P_{\text{и}}$, приложенной к рукоятке резьбового зажима со сферическим торцом (см. рис. 4.7, а),

$$M_{\text{и}} = P_{\text{и}} l = P_3 r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}).$$

Сила, приложенная у концу рукоятки 2 резьбового зажима с плоским торцом 1 (рис. 4.7, б),

$$P_{\text{и}} = P_3 [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,67fr] / l.$$

Сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} l / [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,67fr].$$

Момент от силы $P_{\text{и}}$, приложенной к рукоятке резьбового зажима с плоским торцом,

$$M_{\text{и}} = P_{\text{и}} l = P_3 [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,67fr].$$

Сила, приложенная к рукоятке 2 резьбового зажима со сферическим торцом 1, упирающимся в конусное гнездо зажимного башмака (рис. 4.7, в),

$$P_{\text{и}} = P_3 [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)] / l.$$

Сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} l / [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)].$$

Момент от силы $P_{\text{и}}$, приложенной к рукоятке резьбового зажима с башмаком,

$$M_{\text{и}} = P_{\text{и}} l = P_3 [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)].$$

Сила, приложенная к рукоятке (рис. 4.8, а) или к ключу (рис. 4.8, б) резьбового зажима с гайкой,

$$P_{\text{и}} = \{P_3 \{ [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,33f[(D_{\text{н}}^3 - D_{\text{в}}^3)/(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2)] \} \} / l.$$

Момент от силы $P_{\text{и}}$, приложенной к рукоятке или к ключу резьбового зажима с гайкой,

$$M_{\text{и}} = P_{\text{и}} l = P_3 \{ [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,33f[(D_{\text{н}}^3 - D_{\text{в}}^3)/(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2)] \}.$$

Сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} l / \{ [r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + 0,33f[(D_{\text{н}}^3 - D_{\text{в}}^3)/(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2)] \}.$$

В формулах для расчета винтовых зажимов используются следующие обозначения:

$P_{\text{и}} = 14 \dots 20 \text{ Н}$ — искомая сила на рукоятке или на ключе резьбового зажима, прикладываемая рабочим;

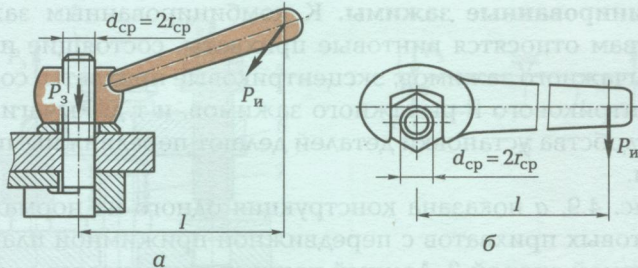


Рис. 4.8. Схемы сил, приложенных к рукоятке (а) или ключу (б) резьбового зажима с гайкой

$P_з$ — требуемая сила зажима винтом детали (определяется по приведенным формулам);

l — расстояние, мм, от оси винта до точки приложения силы $P_и$ ($l \approx 14 d$, где d — номинальный наружный диаметр резьбы);

r_{cp} — средний радиус резьбы винта, мм;

$\alpha \approx 2^\circ 30' \dots 3^\circ 30'$ — угол подъема витка резьбы (условие самоторможения винта, болта $\alpha \leq 6^\circ 30'$; $\operatorname{tg} \alpha = s / (2\pi r_{cp})$;

$\varphi_{пр} \approx 6^\circ 40'$ — приведенный угол трения в резьбовой паре;

$\operatorname{tg} \varphi_{пр} = f / \cos \beta$;

$f = 0,10 \dots 0,15$ — коэффициент трения при плоском контакте двух сопрягаемых деталей (на нижнем торце гайки или винта);

r — радиус цилиндрической части нижнего конца винта, мм;

s — шаг резьбы, мм;

R — радиус сферического конца винта в гнезде башмака, мм;

$\beta \approx 120^\circ$ — угол между касательными к сферической поверхности винта в гнезде башмака;

$f_{пр} = f / \cos \beta_1 = f / \cos 30^\circ = 1,15f$ — приведенный коэффициент трения (где β_1 — половина угла при вершине профиля метрической резьбы при $f = 0,1$; $f_{пр} = \operatorname{tg} \varphi_{пр} = 0,115$, откуда $\varphi_{пр} = \operatorname{arctg} 0,115 \approx 6^\circ 40'$);

$D_н$ — наружный диаметр опорного торца гайки, мм;

$D_в$ — внутренний диаметр опорного торца гайки, мм.

Номинальный наружный диаметр винта, мм, определяется в зависимости от требуемой силы зажима $P_з$, Н, и допустимого напряжения винта на растяжение:

$$P_з = 0,64(\pi d^2 / 4)[\sigma]_р,$$

откуда

$$d = \sqrt{P_з / 0,5[\sigma]_р},$$

где $[\sigma]_р \approx 58 \dots 98$ — допустимое напряжение на растяжение материала винта при переменной нагрузке, МН/м².

Комбинированные зажимы. К комбинированным зажимным устройствам относятся винтовые прихваты, состоящие из винтового и рычажного зажимов; эксцентриковые прихваты, состоящие из эксцентрикового и рычажного зажимов, и т.д. Рычаги прихватов для удобства установки деталей делают передвижными или откидными.

На рис. 4.9, а показана конструкция одного из нормализованных винтовых прихватов с передвижной прижимной планкой 1 и регулируемой опорой 2. Данный прихват применяется для крепления обрабатываемых деталей 3 с различными размерами H . При завинчивании гайки 4 планка 1 зажимает деталь 3.

На рис. 4.9, б дана схема действия сил при зажиме обрабатываемой детали этим винтовым прихватом. Из равенства моментов сил относительно неподвижных опор найдем исходную силу, развиваемую винтом:

$$P_{\text{и}} = [P_3(l_1 + l_2)] / (l_1\eta),$$

откуда сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} l_1 \eta / (l_1 + l_2).$$

Здесь $\eta = 0,95$ — КПД, учитывающий потери на трение между прижимной планкой 1 и ее опорой. При $l_1 = l_2$ и $\eta = 1$ сила зажима

$$P_3 = 0,5P_{\text{и}}.$$

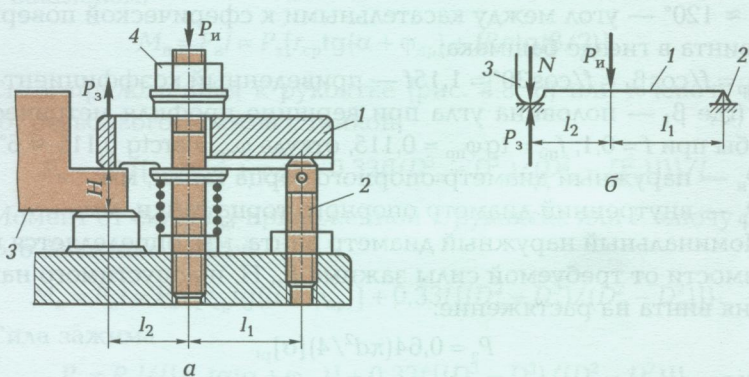


Рис. 4.9. Конструкция (а) нормализованного винтового прихвата и схема действия сил при зажиме им детали (б):

1 — передвижная прижимная планка; 2 — регулируемая опора; 3 — деталь; 4 — гайка

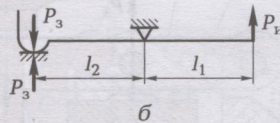
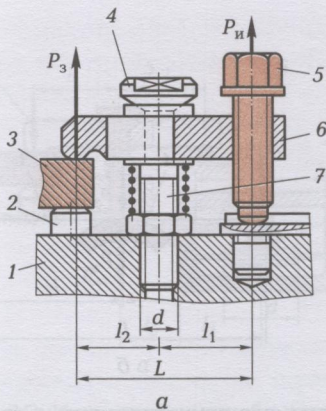


Рис. 4.10. Конструкция (а) одного из винтовых прихватов и схема действия сил при зажиме им детали (б):

1 — корпус приспособления; 2 — левый конец прихвата; 3 — деталь; 4 — головка; 5 — винт; 6 — прихват; 7 — пружина

На рис. 4.10, а показана конструкция одного из винтовых прихватов, а на рис. 4.10, б — схема действия сил при зажиме им обрабатываемой детали.

В случае завинчивания винта 5 правый конец прихвата 6 поднимается, а его левый конец 2 опускается и зажимает деталь 3, установленную на опорах, запрессованных в корпус 1 приспособления. При установке детали пружина 7 поднимает прихват, удерживаемый головкой 4.

Из равенства моментов сил относительно неподвижных опор найдем исходную силу, развиваемую данным винтовым прихватом:

$$P_{и} = P_3 l_2 / (l_1 \eta),$$

откуда сила зажима

$$P_3 = P_{и} l_2 \eta / l_2.$$

При $l_1 = l_2$ и $\eta = 1$ сила $P_{и} = P_3$.

На рис. 4.11, а показана конструкция винтового откидного прихвата, а на рис. 4.11, б — схема действия сил при зажиме им обрабатываемой детали.

При навинчивании на поворотный болт 6 звездочка 5 нажимает откидную планку 3, в которой закреплен на оси сухарь 4, зажимающий обрабатываемую деталь 1. При свинчивании с болта звездочка перестает давить на откидную планку с сухарем и де-

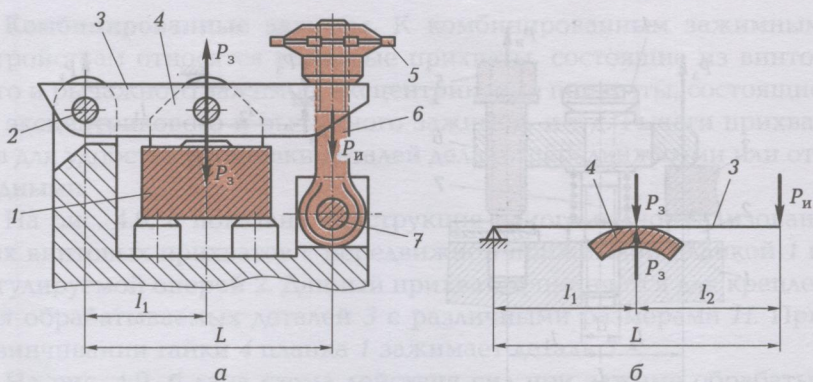


Рис. 4.11. Конструкция (а) винтового откидного прихвата и схема действия сил при зажиме им детали (б):

1 — деталь; 2 — ось планки; 3 — планка; 4 — сухарь; 5 — звездочка; 6 — болт; 7 — ось болта

таль разжимается. Затем, повернув вниз болт 6 на оси 7, планку 3 поднимают, поворачивая ее на оси 2, обработанную деталь 1 снимают и ставят следующую.

Исходная сила, развиваемая данным винтовым прихватом,

$$P_{\text{и}} = P_3 l_1 / (L \eta),$$

откуда сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} L \eta / l_1,$$

где l , l_1 и L — длины плеч зажимного рычага (планки).

При $l_1 = 0,5L$ и $\eta = 1$ сила $P_{\text{и}} = 0,5P_3$, а сила $P_3 = 2P_{\text{и}}$.

Из приведенных формул можно сделать следующие выводы: прихват, представленный на рис. 4.9, использует для зажима детали лишь половину приложенной исходной силы $P_{\text{и}}$; прихват, показанный на рис. 4.10 — всю приложенную силу $P_{\text{и}}$, а прихват, показанный на рис. 4.11, зажимает деталь с силой в два раза большей, чем приложенная сила $P_{\text{и}}$ (при $l_1 = l_2$, $L = 2l_1$ и $\eta = 1$).

На рис. 4.12, а представлена схема комбинированного зажимного устройства с пневматическим приводом.

При подаче сжатого воздуха в нижнюю полость пневмокамеры мембрана 8 прогибается и шток 7, жестко связанный с мембраной, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, правое его плечо поднимает, а левое — опускает. В это время рычаг 6 левым плечом опуска-

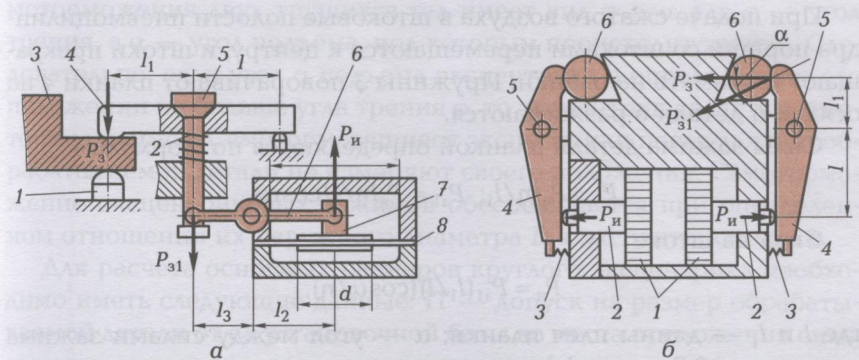


Рис. 4.12. Конструкции комбинированных зажимных устройств:

а — с пневмоприводом: 1 — опора; 2 — пружина; 3 — деталь; 4 — планка; 5 — стержень; 6 — рычаг-усилитель; 7 — шток; 8 — мембрана; б — с пневмоцилиндром: 1 — поршни; 2 — штоки поршней; 3 — пружины; 4 — планки; 5 — оси планок; 6 — детали

ет стержень 5 с планкой 4 и планка левым плечом зажимает деталь 3, установленную на опорах 1.

При подаче сжатого воздуха в верхнюю полость пневмокамеры мембрана 8 прогибается вниз и шток 7, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, перемещает правое его плечо вниз, а левое — вверх. В этом случае рычаг левым плечом поднимает стержень 5, который прекращает нажимать на планку 4, и деталь освобождается. Для удобства установки и съема детали 3 пружина 2 поднимает прихват 4 и прижимает его к верхней головке стержня 5.

Сила зажима детали данным зажимным устройством

$$P_3 = P_{\text{и}}(l_2/l_3)[l/(l + l_1)]\eta.$$

Сила на штоке пневмокамеры

$$P_{\text{и}} = P_3[(l + l_1)l_3]/(l_2\eta),$$

где η — коэффициент, учитывающий трение в шарнирных соединениях и в пневмокамере; l_2 и l_3 — длины плеч рычага-усилителя; l_1 и l — длины плеч прижимного рычага (планки).

На рис. 4.12, б показана схема комбинированного зажимного устройства с пневмоцилиндром. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршни 1 со штоками 2 перемещаются от центра в разные стороны. При этом штоки поворачивают планки 4 на осях 5, которые зажимают детали 6.

При подаче сжатого воздуха в штоковые полости пневмоцилиндра поршни со штоками перемещаются к центру, и штоки прекращают нажимать на планки. Пружины 3 поворачивают планки 4 на осях 5, и детали 6 разжимаются.

Силы зажима детали планкой определяются по формулам

$$P_3 = P_{\text{и}} l \eta / l_1; \quad P_{31} = P_{\text{и}} l \eta / (l \cos \alpha).$$

Сила на штоке

$$P_{\text{и}} = P_{31} (l_1 / l) (\cos \alpha / \eta),$$

где l и l_1 — длины плеч планки; α — угол между силами зажима детали; $\eta = 0,9$ — коэффициент потери на трение в уплотнениях поршня и штока и на осях планок.

Эксцентрикковые зажимы. Данные зажимы являются быстродействующими, но они развивают меньшую силу зажима, чем винтовые, имеют ограниченное линейное перемещение и не могут надежно работать при значительных колебаниях размеров между установочной и зажимаемой поверхностями обрабатываемых деталей одной партии.

В станочных приспособлениях применяются круглые и криволинейные эксцентрикковые зажимы. Круглый эксцентрик представляет собой диск или валик, поворачиваемый вокруг оси O (рис. 4.13), смещенной относительно геометрической оси эксцентрика на некоторую величину e , называемую эксцентриситетом. Для надежного закрепления обрабатываемой детали эксцентрикковые зажимы должны быть самотормозящимися.

Круглые эксцентрики изготавливают из стали марки 20Х, цементируют на глубину 0,8...1,2 мм и затем закаливают до твердости 55...60 HRC. Из теоретической механики известно, что условие са-

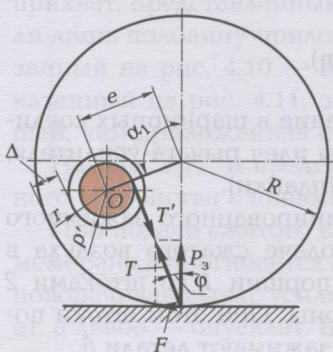


Рис. 4.13. Схема сил, действующих на круглый самотормозящий эксцентрик

моторможения двух трущихся тел имеет вид $\varphi > \alpha$, где φ — угол трения, а α — угол подъема, под которым происходит трение. Следовательно, если угол α подъема эксцентрика в определенном его положении не больше угла трения φ , то эксцентрик является самотормозящимся. Самотормозящиеся эксцентрики после зажима обрабатываемой детали не изменяют своего положения. Самоторможение эксцентриковых зажимов обеспечивается при определенном отношении их наружного диаметра D к эксцентриситету e .

Для расчета основных размеров круглого эксцентрика необходимо иметь следующие данные: IT — допуск на размер обрабатываемой детали от ее установочной базы до места приложения силы зажима детали, мм; α_1 — угол поворота рукоятки эксцентрика от ее начального положения до момента зажима детали, ...°; P_3 — силу зажима обрабатываемой детали, Н.

Если нет ограничения для угла α_1 поворота эксцентрика, то его эксцентриситет определяется из выражения

$$2e = s_1 + IT + s_2 + P_3/j,$$

где s_1 — зазор для нормальной установки обрабатываемой детали в приспособлении под эксцентрик, мм; s_2 — запас хода эксцентрика, предохраняющий его переход через мертвую точку (учитывает неточность изготовления и износ эксцентрика), мм; j — жесткость зажимного устройства приспособления, Н/м (в среднем $j = 118$ МН/м).

Отношение P_3/j характеризует увеличение расстояния между эксцентриком и обрабатываемой деталью вследствие упругих отжимов звеньев системы, воспринимающей усилие зажима.

Приняв $s_1 = 0,2 \dots 0,4$ мм и $s_2 = 0,4 \dots 0,5$ мм, получим формулу для определения эксцентриситета, мм:

$$e = IT/2 + P_3/(2j) + (0,3 \dots 0,5).$$

Если угол поворота α_1 эксцентрика ограничен, то его эксцентриситет (α_1 значительно меньше 180°) определяется по формуле

$$e = s_1 + IT + P_3/(j)(1 - \cos \alpha_1).$$

Радиус R наружной поверхности эксцентрика определяется из условия его самоторможения.

Рассмотрев силы, действующие на круглый эксцентрик (см. рис. 4.13), найдем, что равнодействующая сила T сил зажима (реакции) P_3 и силы трения F должна быть равна силе реакции T' и направлена обратно ей со стороны цапфы эксцентрика. Сила ре-

акции T' находится по касательной к кругу трения с радиусом ρ' , т.е. из рис. 4.13 получим:

$$(e - \rho')/R = \sin \varphi,$$

где $\varphi = 6 \dots 8^\circ$ — угол трения покоя; R — радиус, определяемый из равенства $R = (e - \rho')/\sin \varphi$, мм.

При $e \leq \rho'$ (где ρ' — радиус круга трения, мм)

$$R_{\min} = e + r + \Delta,$$

где r — радиус цапфы эксцентрика, мм; Δ — толщина перемычки, мм.

Значения ρ' и r определяются из равенства

$$\rho' = f'r,$$

где $f' = 0,12 \dots 0,15$ — коэффициент трения покоя в цапфе эксцентрика.

Радиус цапфы эксцентрика можно определить, задавая ее шириной b :

$$r = P_3 / (2b\sigma_{\text{см}}).$$

При $b = 2r$ радиус цапфы эксцентрика

$$r = \sqrt{P_3 / (4b\sigma_{\text{см}})}.$$

Здесь b — ширина эксцентрика в месте сопряжения с цапфой (осью), выбираемая по конструктивным соображениям, допустимое напряжение на смятие $\sigma_{\text{см}} = 14,7 \dots 19,6$ МН/м², определяется по формуле

$$\sigma_{\text{см}} = 0,415 \sqrt{P_3 E / (RB)}.$$

Для полусухих поверхностей $\varphi = 6 \dots 8^\circ$; $f = 0,18 \dots 0,20$. Угол поворота эксцентрика, соответствующий наименее выгодному для самоторможения эксцентрика положению, $\alpha_1 = 90^\circ + \varphi$.

Ширина рабочей части эксцентрика

$$B = 0,0175 P_3 E / (R\sigma_{\text{см}}^2),$$

где P_3 — сила зажима детали, Н; $E = 1,96 \cdot 10^5$ МН/м² — модуль упругости материала эксцентрика; R — радиус наружной поверхности эксцентрика, мм; $\sigma_{\text{см}} = 5,88 \cdot 10^2$ МН/м².

Условие самоторможения эксцентрикового зажима имеет вид $D/e \geq 14$. Отношение D/e называется **характеристикой эксцентрика**.

У стандартных круглых эксцентриков $D = 32 \dots 70$ мм и $e = 1,7 \dots 3,5$ мм. Следовательно, круглые эксцентрики имеют небольшой линейный ход и их не следует применять для зажима деталей с большим допуском на размер в направлении ее зажима.

Достоинством круглых эксцентриков является простота их изготовления, а недостатками — изменение угла подъема α и силы зажима P_3 при закреплении обрабатываемых деталей с большими колебаниями размеров в направлении зажима.

На рис. 4.14 показана конструкция эксцентрикового прихвата для зажима деталей. Здесь обрабатываемая деталь 3 устанавливается на неподвижные опоры 2 и зажимается планкой 4 эксцентрикового прихвата. После разжима детали 3 эксцентрик 6 с планкой 4 перемещается по опоре 7 вправо.

Для закрепления деталей применяются и криволинейные эксцентриковые зажимы. Криволинейные эксцентрики по сравнению с круглыми имеют следующие преимущества:

- большой угол поворота эксцентрика ($100 \dots 150^\circ$);
- более постоянную силу зажима обрабатываемых деталей.

Сила зажима обрабатываемой детали, создаваемая эксцентриковым прихватом, в 3—4 раза меньше, чем создаваемая винтовым прихватом, при одинаковых длине рукоятки и исходной силе.

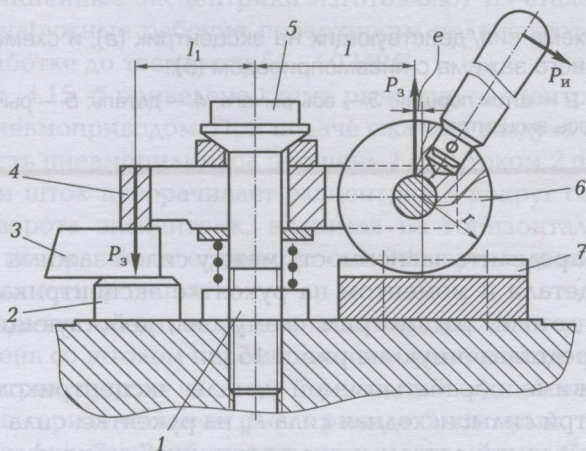


Рис. 4.14. Конструкция эксцентрикового прихвата для зажима деталей:

1 — гайка; 2 — опора; 3 — обрабатываемая деталь; 4 — прижимная планка; 5 — болт; 6 — эксцентрик; 7 — опора эксцентрика

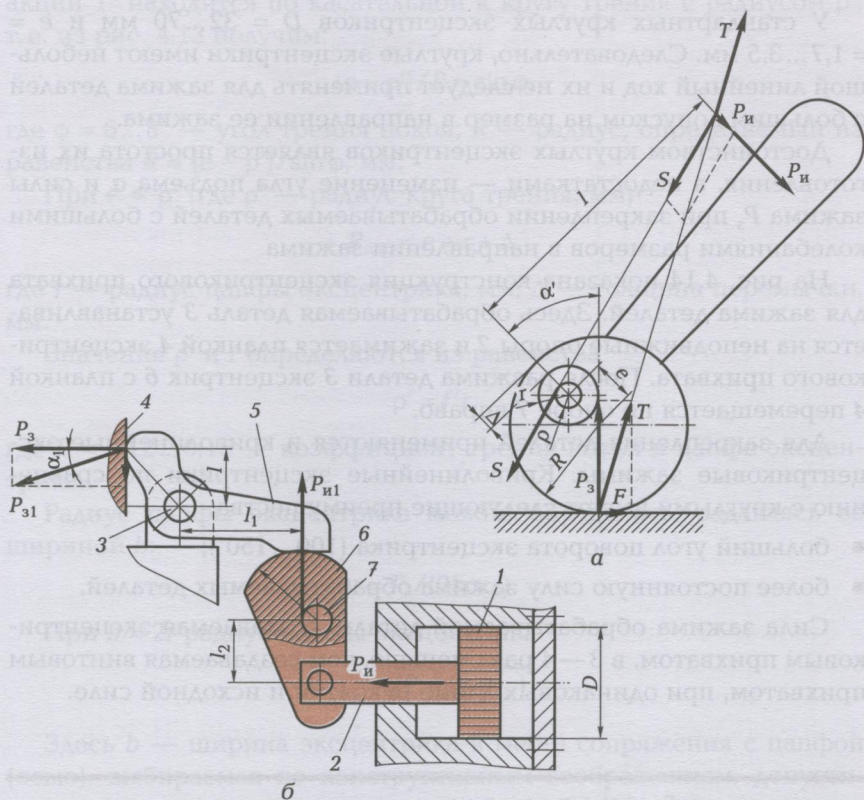


Рис. 4.15. Схема сил, действующих на эксцентрик (а), и схема рычажно-эксцентрикового зажима с пневмоприводом (б):

1 — поршень; 2 — шток поршня; 3 — ось рычага; 4 — деталь; 5 — рычаг; 6 — эксцентрик; 7 — ось эксцентрика

Чтобы определить зависимость между силой зажима P_3 обрабатываемой детали и моментом на рукоятке эксцентрика после закрепления детали, рассмотрим схему сил, действующих на эксцентрик, представленную на рис. 4.15, а.

При зажиме обрабатываемой детали эксцентриком на него действуют три силы: исходная сила $P_{\text{и}}$ на рукоятке, сила реакции T от обрабатываемой детали и сила реакции S от цапфы (оси) эксцентрика.

Под действием этих сил эксцентриковый зажим находится в равновесии. Сила реакции T является равнодействующей силы за-

жима P_3 и силы трения F . Сумма моментов всех сил, действующих относительно оси поворота эксцентрика, равна нулю:

$$P_{\text{и}}l - P_3 e \sin \alpha' - P_3 f(R + e \cos \alpha') - S\rho = 0,$$

где f — коэффициент трения скольжения между поверхностью эксцентрика и обрабатываемой деталью; ρ — радиус круга трения.

Сила S примерно равна нормальной силе зажима P_3 , поэтому принимаем $S = P_3$.

Момент на рукоятке эксцентрика определяется выражением

$$P_{\text{и}}l = P_3[R \sin \varphi + \rho + e \sin(\alpha' + \varphi)].$$

Из выражения $R = (e - \rho)/\sin \varphi$ найдем $e = R \sin \varphi + \rho$ и подставим его в предыдущую формулу:

$$P_{\text{и}}l = P_3[e + e \sin(\alpha' + \varphi)].$$

Вынеся e за скобки, получим приближенную формулу для определения момента (с точностью до 10 %) на рукоятке эксцентрика:

$$P_{\text{и}}l = P_3 e [1 + \sin(\alpha' + \varphi)],$$

где $P_{\text{и}} = 120 \dots 190$ Н; l — расстояние от точки приложения силы $P_{\text{и}}$ на рукоятке эксцентрика до оси цапфы эксцентрика; e — эксцентриситет эксцентрика; α' — угол поворота эксцентрика при зажиме детали; $\varphi \approx 6^\circ$ — угол трения.

Рабочий профиль криволинейных эксцентриков изготавливается по архимедовой спирали.

Криволинейные эксцентрики изготавливают из сталей марок 35 и 45. Их наружные рабочие поверхности подвергаются термической обработке до твердости 55...60 HRC.

На рис. 4.15, б приведена схема рычажно-эксцентрикового зажима с пневмоприводом. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается влево и шток поворачивает эксцентрик 6 вокруг оси 7. В процессе поворота эксцентрик, нажимая на горизонтальное плечо рычага 5, поворачивает его вокруг оси 3 и вертикальное плечо рычага 5 зажимает деталь 4.

При подаче сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень со штоком перемещается вправо и шток поворачивает эксцентрик против часовой стрелки, последний перестает нажимать на горизонтальное плечо рычага 5, который, поворачиваясь вокруг оси 3, освобождает деталь от зажима. Сила зажима обрабатываемой детали

$$P_3 = P_{\text{и}} l_2 \{ [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r \} (l_1/l) \eta.$$

Сила на оси штока поршня пневмоцилиндра

$$P_{\text{и}} = P_3 [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r [l / (l_1 l_2)] (1/\eta).$$

Здесь α — угол подъема кривой эксцентрика; φ_1 — угол трения между эксцентриком и рычагом; φ_2 — угол трения на оси эксцентрика (принимают $\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 43'$); $\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2 = 0,1$ — коэффициент трения на оси эксцентрика; r — расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с рычагом; l_1 и l — длины плеч рычага; l_2 — расстояние между осью поворота и осью закрепления эксцентрика на штоке; $\eta = 0,9$ — коэффициент, учитывающий потери на трение в уплотнениях поршня и штока.

4.4.

МЕХАНИЗМЫ-УСИЛИТЕЛИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Механизмы-усилители служат для повышения исходной силы механизированного привода, передаваемой зажимным устройствам приспособлений для зажима деталей. Эти механизмы являются промежуточными звеньями, связывающими привод с зажимным устройством приспособления, и применяются, когда для зажима обрабатываемой детали в приспособлении требуется бо́льшая сила, чем исходная сила механизированного привода.

По принципу действия механизмы-усилители станочных приспособлений подразделяются на рычажные, клиновые, шарнирно-рычажные, плунжерно-клиновые, винтовые и комбинированные. Все они представляют собой сочетание ряда элементарных механизмов.

Работу механизмов-усилителей характеризуют передаточное отношение сил i_c и передаточное отношение перемещений $i_{\text{п}}$ точек приложения сил.

Передаточное отношение сил представляет собой отношение силы зажима детали в приспособлении к исходной силе привода:

$$i_c = P_3 / P_{\text{и}},$$

откуда

$$P_3 = i_c P_{\text{и}}.$$

Передаточное отношение $i_{\text{п}}$ представляет собой отношение перемещения s_2 точки приложения силы зажима P_3 к перемещению s_1 точки приложения исходной силы привода $P_{\text{и}}$:

$$i_{\text{п}} = s_2 / s_1,$$

откуда

$$s_2 = i_{\pi} s_1.$$

В комбинированных механизмах-усилителях, представляющих собой сочетания элементарных механизмов, передаточные отношения i_c и i_{π} определяются произведением передаточных отношений отдельных механизмов:

$$i_c = i_{c1} i_{c2} i_{c3} \dots i_{cn};$$

$$i_{\pi} = i_{\pi1} i_{\pi2} i_{\pi3} \dots i_{\pi n},$$

где $i_{c1}, i_{c2}, i_{c3}, \dots, i_{cn}$ — передаточные отношения сил каждого простого механизма; $i_{\pi1}, i_{\pi2}, i_{\pi3}, \dots, i_{\pi n}$ — передаточные отношения перемещений каждого простого механизма, входящего в комбинированный механизм-усилитель.

Сила зажима детали в приспособлении с комбинированным механизмом-услителем

$$P_3 = P_{\pi} i_{c1} i_{c2} i_{c3} \dots i_{cn},$$

где P_{π} — исходная сила привода.

Рычажные механизмы-усилители. Рассмотрим две схемы рычажных механизмов-усилителей (рис. 4.16).

Увеличение исходной силы P_{π} привода рычажными усилителями зависит от соотношения длин плеч рычагов.

Сила зажима детали в приспособлении с рычагом-услителем первого рода (рис. 4.16, а)

$$P_3 = P_{\pi} (a/b).$$

Сила зажима детали в приспособлении с рычагом-услителем второго рода (рис. 4.16, б)

$$P_3 = P_{\pi} \frac{(a+b)}{b},$$

где P_{π} — сила на штоке привода, Н; a, b — длины плеч рычагов.

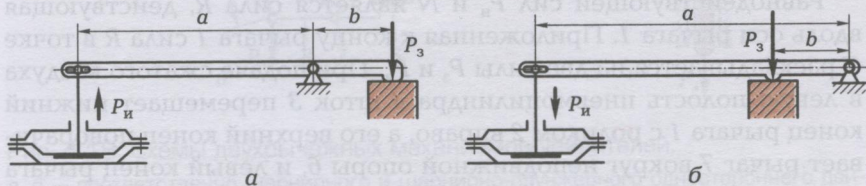


Рис. 4.16. Схемы рычажных механизмов-усилителей:

а — с рычагом-услителем первого рода; б — с рычагом-услителем второго рода

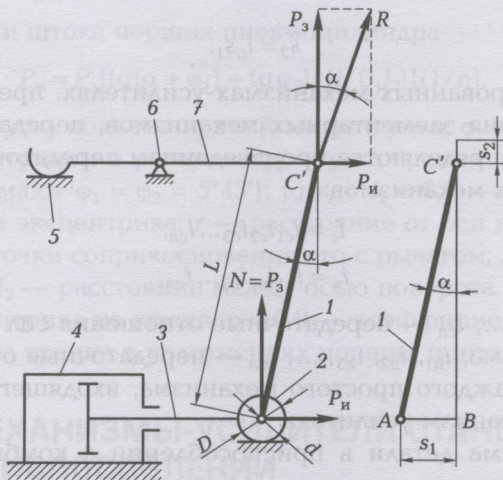


Рис. 4.17. Схема однорычажного шарнирного механизма-усилителя одностороннего действия:

1, 7 — рычаги; 2 — ролик; 3 — шток; 4 — привод; 5 — деталь; 6 — неподвижная опора

В приведенных формулах множитель при $P_{и}$ является передаточным отношением сил i_c . Соотношение длин плеч рычагов a/b в усилителе первого рода меньше, чем в усилителе второго рода $(a + b)/b$, следовательно, и сила зажима в этом случае меньше. Механизмы-усилители с рычагами первого и второго рода, размеры которых ограничены габаритными размерами приспособления, увеличивают исходную силу привода в 2—3 раза.

Однорычажные шарнирные механизмы-усилители. Схема однорычажного шарнирного механизма-усилителя одностороннего действия в виде рычага 1 с роликом 2 показана на рис. 4.17. Исходная сила $P_{и}$, развиваемая механизированным приводом 4, через шток 3 и ролик 2 передается на рычаг 1, связанный осью с роликом 2. От ролика 2 передается сила реакции $N = P_3$.

Равнодействующей сил $P_{и}$ и N является сила R , действующая вдоль оси рычага 1. Приложенная к концу рычага 1 сила R в точке C раскладывается на две силы P_3 и $P_{и}$. При подаче сжатого воздуха в левую полость пневмоцилиндра 4 шток 3 перемещает нижний конец рычага 1 с роликом 2 вправо, а его верхний конец поворачивает рычаг 7 вокруг неподвижной опоры 6, и левый конец рычага зажимает обрабатываемую деталь 5.

Сила зажима детали, развиваемая таким механизмом-усилителем,

$$P_3 = P_{и}[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_{2np}].$$

Двухрычажные шарнирные механизмы-усилители. Схемы шарнирного и шарнирно-плунжерного двухрычажных механизмов-усилителей одностороннего действия показаны на рис. 4.18, а, б.

Сила $P_{и}$, развиваемая пневмоцилиндром 4, через шток 3 передается рычагами 1 и 2, являющимися механизмами-усилителями одностороннего действия. При подаче сжатого воздуха в левую полость пневмоцилиндра 4 поршень 5 со штоком 3 перемещается вправо и шток поворачивает рычаги 1 и 2, приближая их к вертикальному положению. При этом рычаг 1, шарнирно связанный с

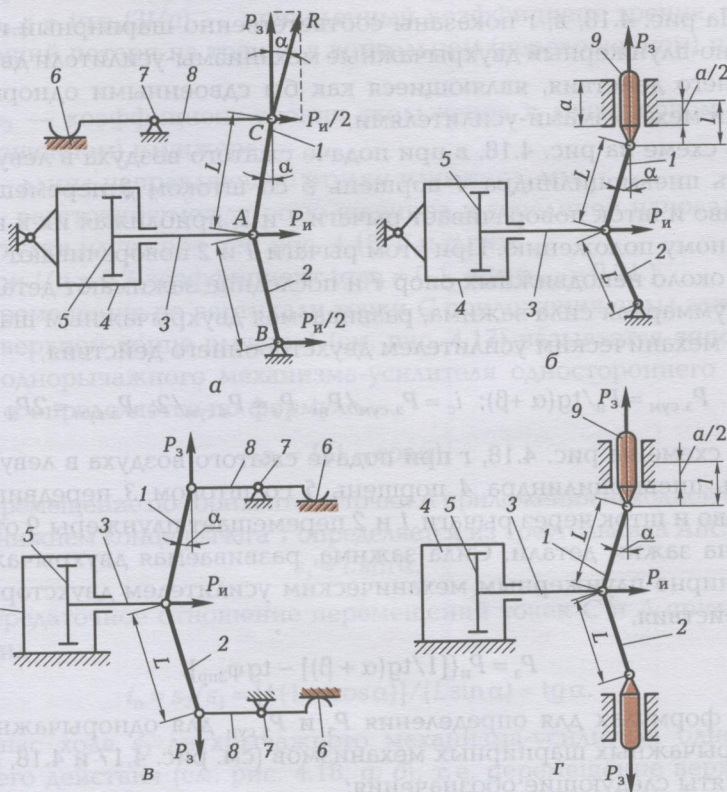


Рис. 4.18. Схемы двухрычажных механизмов-усилителей:

а, б — соответственно шарнирного и шарнирно-плунжерного одностороннего действия; в, г — соответственно шарнирного и шарнирно-плунжерного двухстороннего действия; 1, 2, 8 — рычаги; 3 — шток; 4 — пневмоцилиндр; 5 — поршень; 6 — деталь; 7 — неподвижная опора; 9 — плунжер

рычагом 8, поворачивает его вокруг неподвижной опоры 7 и левый конец рычага 8 зажимает обрабатываемую деталь 6.

Сила зажима, развиваемая двухрычажным шарнирным усилителем одностороннего действия (см. рис. 4.18, а),

$$P_3 = P_{и}[\operatorname{tg}(\alpha + \beta)].$$

При расчете силы зажима, развиваемой двухрычажным шарнирно-плунжерным механизмом-усилителем одностороннего действия с плунжером 9 (см. рис. 4.18, б), учитываются трение в шарнирах и трение на плунжере:

$$P_3 = 0,5P_{и}\{[1/\operatorname{tg}(\alpha + \beta)] - \operatorname{tg} \varphi_{3пр}\}.$$

На рис. 4.18, в, г показаны соответственно шарнирный и шарнирно-плунжерный двухрычажные механизмы-усилители двухстороннего действия, являющиеся как бы сдвоенными однорычажными механизмами-усилителями.

В схеме на рис. 4.18, в при подаче сжатого воздуха в левую полость пневмоцилиндра 4 поршень 5 со штоком 3 перемещается вправо и шток поворачивает рычаги 1 и 2, приближая их к вертикальному положению. При этом рычаги 1 и 2 поворачивают рычаги 8 около неподвижных опор 7 и последние зажимают деталь 6.

Суммарная сила зажима, развиваемая двухрычажным шарнирным механическим усилителем двухстороннего действия,

$$P_{3.сум} = P_{и}/\operatorname{tg}(\alpha + \beta); i_c = P_{3.сум}/P_{и}; P_3 = P_{3.сум}/2; P_{3.сум} = 2P_3.$$

В схеме на рис. 4.18, г при подаче сжатого воздуха в левую полость пневмоцилиндра 4 поршень 5 со штоком 3 передвигается вправо и шток через рычаги 1 и 2 перемещает плунжеры 9 от центра на зажим детали. Сила зажима, развиваемая двухрычажным шарнирно-плунжерным механическим усилителем двухстороннего действия,

$$P_3 = P_{и}\{[1/\operatorname{tg}(\alpha + \beta)] - \operatorname{tg} \varphi_{3пр}\}.$$

В формулах для определения P_3 и $P_{3.сум}$ для однорычажных и двухрычажных шарнирных механизмов (см. рис. 4.17 и 4.18, а—г) приняты следующие обозначения:

P_3 — сила зажима, Н;

$P_{и}$ — исходная сила на штоке механизированного привода, Н;

$\alpha = 5 \dots 40^\circ$ — угол наклона рычага;

$\beta = \arcsin(f/d/l) \approx 1^\circ$ — дополнительный угол к углу наклона α , учитывающий потери на трение скольжения в шарнирах рычага;

f — коэффициент трения скольжения на оси ролика и в шарнирах рычага;

d — диаметр осей шарниров и отверстия ролика, мм;

D — наружный диаметр опорного ролика, мм;

$$d/D = 0,5;$$

L — расстояние между осями отверстий рычага, мм;

$$D/l = 0,2;$$

$\operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_2(d/D)$ — приведенный коэффициент трения качения, учитывающий потери на трение в роликовой опоре;

$\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,1$ — коэффициент трения скольжения на опоре ролика;

$\operatorname{tg} \varphi_{3\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_3(3l/a)$ — приведенный коэффициент трения, учитывающий потери на трение в консольном (перекошенном) плунжере;

$\operatorname{tg} \varphi_3$ — коэффициент трения скольжения в двухопорном (неперекошенном) плунжере;

a — длина направляющей втулки плунжера, мм;

l — расстояние между осью шарнира и серединой направляющей втулки плунжера (см. рис. 4.18, б и г), мм.

(При $l/a = 0,7$ коэффициент $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,1$, а $\operatorname{tg} \varphi_{3\text{пр}} = 0,21$.)

Перемещение по вертикали точки C приложения силы зажима P_3 на верхнем конце рычага 1 (см. рис. 4.17) называется **запасом хода** однорычажного механизма-усилителя одностороннего действия и определяется по формуле

$$s_2 = L(1 - \cos \alpha).$$

Перемещение по горизонтали точки A приложения исходной силы P_3 на нижнем конце рычага 1 определяется из треугольника ABC :

$$s_1 = L \sin \alpha.$$

Передаточное отношение перемещений точек C и A приложения сил

$$i_{\text{п}} = s_2/s_1 = [L(1 - \cos \alpha)]/(L \sin \alpha) = \operatorname{tg} \alpha.$$

Запас хода s_2 двухрычажного механизма-усилителя одностороннего действия (см. рис. 4.18, а, б), т.е. перемещение верхнего конца его рычага 1 по вертикали, в 2 раза больше, чем перемещение верхнего конца рычага 1 однорычажного механизма-усилителя одностороннего действия (см. рис. 4.17), поскольку при наличии неподвижной опоры в точке B (см. рис. 4.18, а) точка C перемещается не только в результате выпрямления рычагов, но и за счет смещения вверх точки A .

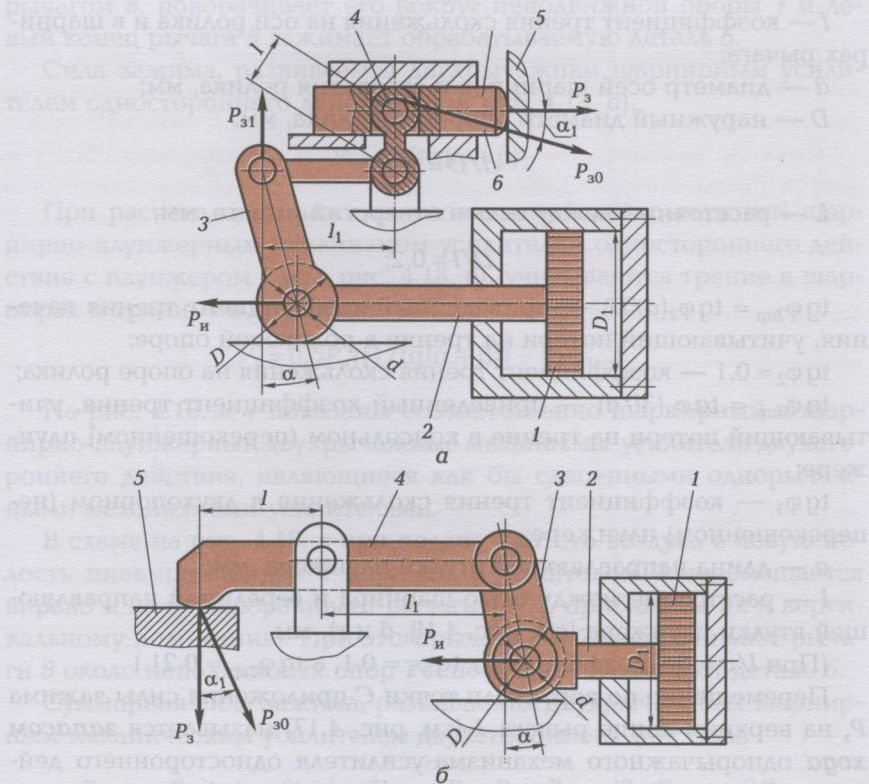


Рис. 4.19. Схемы пневматических зажимов с комбинированным усилителем:

а — бокового; б — верхнего; 1 — поршень; 2 — шток; 3 — механизм-усилитель; 4 — рычаг; 5 — деталь; 6 — ползун

Запас хода двухрычажного механизма-усилителя одностороннего действия

$$s'_2 = 2L(1 - \cos \alpha).$$

Рычажные шарнирные механизмы-усилители с пневмоприводом. На рис. 4.19, а дана схема пневматического бокового зажима с комбинированным усилителем, состоящего из однорычажного шарнирного механизма-усилителя с роликом и двухплечего рычага. Здесь на левом конце штока 2 на оси установлены ролик и нижний конец однорычажного шарнирного механизма-усилителя 3, который верхним концом шарнирно связан с двухплечим рычагом 4.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость поршень 1 со штоком 2 перемещается влево и через однорычажный шарнирный механизм-усилитель 3 перемещает горизонтальное плечо рычага 4 вверх, а вертикальное плечо рычага 4 перемещает ползун 6 вправо и зажимает деталь 5. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вправо, механизм-усилитель 3 через рычаг 4 отводит ползун 5 влево и деталь 6 разжимается.

На рис. 4.19, б дана схема верхнего пневматического зажима с комбинированным усилителем, состоящего из однорычажного шарнирного механизма-усилителя с роликом и двухплечего рычага. Здесь на левом вильчатом конце штока 2 на оси установлены ролик и нижний конец механизма-усилителя 3, который верхним концом шарнирно связан с двухплечим рычагом 4.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается влево и через однорычажный шарнирный механизм-усилитель 3 поднимает правое плечо рычага 4, а левое плечо рычага 4, опускаясь, зажимает деталь 5. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вправо, рычаг 4 поднимается и происходит разжим детали 5.

Сила зажима P_3 детали, исходная сила $P_{\text{и}}$ на штоке пневмопривода и сила P_{31} , действующая на оси рычага (см. рис. 4.19), в этом случае определяются по следующим формулам:

$$P_3 = P_{\text{и}} / [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}(d/D)] (l/l_1) (1/\eta);$$

$$P_{\text{и}} = P_3 [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}(d/D)] (l/l_1) (1/\eta);$$

$$P_{31} = P_3 / [\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg}(d/D)],$$

где α — угол наклона рычага усилителя; $\beta = \arcsin f(d/D)$ — дополнительный угол к углу α , учитывающий трение в шарнирах рычагов; $f = 0,1$ — коэффициент трения; d — диаметр осевого стержня ролика, мм; D — наружный диаметр ролика, мм; l и l_1 — длины плеч рычага, мм; η — коэффициент, учитывающий трение в различных трущихся соединениях.

На рис. 4.20, а дана схема верхнего пневматического зажима с рычажным механизмом-усилителем.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 2 со штоком 1 перемещается вверх и поворачивает рычаг 5 вокруг оси 3 против часовой стрелки, который левым плечом зажимает деталь 4. В процессе подачи сжатого воздуха в

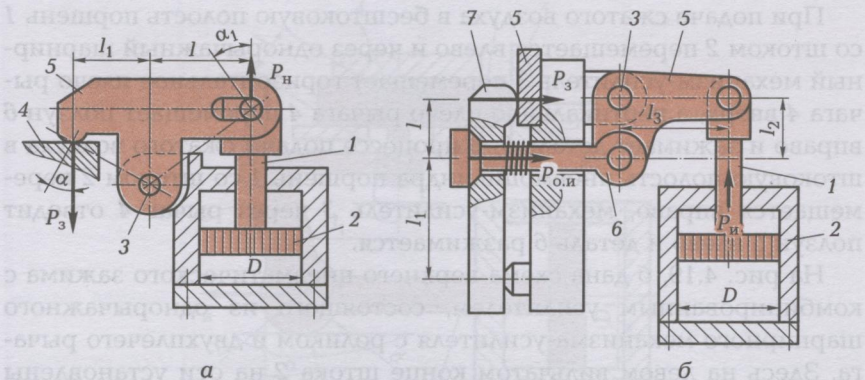


Рис. 4.20. Схемы верхнего (а) и бокового (б) пневматических зажимов с рычажным механизмом-усилителем:

1 — шток; 2 — поршень; 3 — ось; 4 — деталь; 5 — рычаг; 6 — стержень; 7 — прихват

штоковую полость пневмоцилиндра поршень 2 со штоком 1 перемещается вниз и поворачивает рычаг 5 вокруг оси 3 по часовой стрелке. При этом короткое плечо рычага 5 поднимается и деталь 4 разжимается.

В этом случае сила зажима детали определяется в виде

$$P_3 = P_{\text{и}}(l/l_1)\eta,$$

где l_1 и l — длины плеч рычага, мм; $\eta = 0,95$ — коэффициент, учитывающий трение в пневмоцилиндре.

На рис. 4.20, б дана схема бокового пневматического зажима с рычажным механизмом-усилителем.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 2 со штоком 1 перемещается вверх и шток поворачивает рычаг 5 вокруг оси 3. В процессе поворота рычаг 5 коротким плечом перемещает стержень 6 с прихватом 7 вправо и прихват коротким плечом зажимает деталь 4. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень со штоком перемещается вниз и поворачивает рычаг 5 вокруг оси 3 по часовой стрелке. В этом случае короткое плечо рычага перемещает стержень 6 влево, его головка перестает нажимать на прихват 7 и деталь 4 разжимается. Пружина на стержне 6 отжимает прихват 7 влево для удобства установки и съема деталей в приспособлении. Сила зажима детали, исходная сила на штоке пневмопривода и сила, действующая вдоль оси стержня, для рис. 4.20, а определяются по следующим формулам:

$$P_3 = P_{и}(l_3/l_2)(l_1/(l + l_1)\eta);$$

$$P_{и} = P_3(l + l_1)l_2/(l_1l_3\eta);$$

$$P_{и} = P_{и.о}(l_2/l_3)(1/\eta);$$

$$P_{и.о} = P_3l_1/(l + l_3),$$

где l и l_1 — длины плеч прихвата, мм; l_2 и l_3 — длины плеч рычага усилителя, мм; $\eta = 0,9$ — коэффициент, учитывающий потери на трение в пневмоцилиндре.

На рис. 4.21 дана схема зажимного устройства с пневмоприводом и двухрычажным шарнирным механизмом, работающая следующим образом.

При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмокамеры мембрана 1 прогибается и перемещает диск со штоком 2 вверх, шток при этом поворачивает на осях рычаг 3, левое плечо которого, перемещая плунжер 4 влево, зажимает деталь 5. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмокамеры мембрана 1 прогибается и перемещает диск со штоком 2 вниз. Концы рычагов 3, шарнирно закрепленных на оси штока 2, также опускаются, левое плечо рычага отводит плунжер 4 от детали 5, и она разжимается.

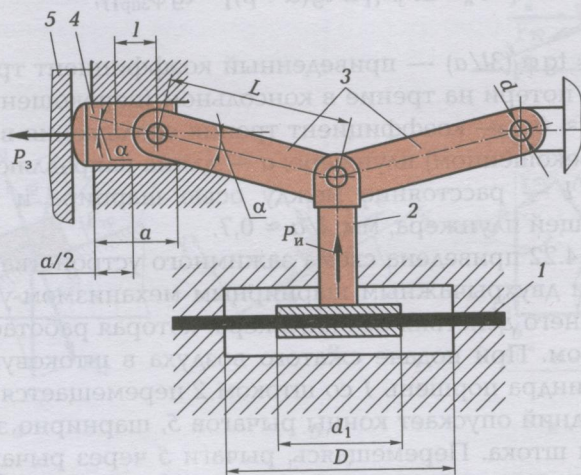


Рис. 4.21. Схемы зажимного устройства с пневмоприводом и двухрычажным шарнирным механизмом:

1 — мембрана; 2 — шток; 3 — рычаги; 4 — плунжер; 5 — деталь

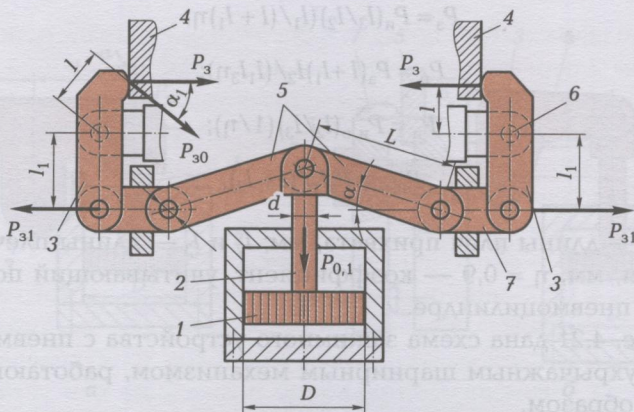


Рис. 4.22. Схема зажимного устройства с пневмоприводом и двухрычажным шарнирным механизмом-усилителем двухстороннего действия без плунжера:

1 — поршень; 2 — шток; 3 — прихваты; 4 — детали; 5, 7 — рычаги; 6 — оси

Сила зажима детали и осевая сила на штоке в этом случае определяются по формулам

$$P_3 = 0,5P_{\text{и}}\{[1/\text{tg}(\alpha + \beta)] - \text{tg } \varphi_{3\text{пр}}\};$$

$$P_{\text{и}} = 2P_3/\{[1/\text{tg}(\alpha + \beta)] - \text{tg } \varphi_{3\text{пр}}\},$$

где $\text{tg } \varphi_{3\text{пр}} = \text{tg } \varphi_3(3l/a)$ — приведенный коэффициент трения, учитывающий потери на трение в консольном (перекошенном) плунжере; $\text{tg } \varphi_3 \approx 0,1$ — коэффициент трения скольжения в двухопорном (неперекошенном) плунжере; a — длина направляющей плунжера, мм; l — расстояние между осью шарнира и серединой направляющей плунжера, мм; $l/a \approx 0,7$.

На рис. 4.22 приведена схема зажимного устройства с пневмоприводом и двухрычажным шарнирным механизмом-усилителем двухстороннего действия без плунжера, которая работает следующим образом. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вниз, при этом последний опускает концы рычагов 5, шарнирно закрепленных на оси штока. Перемещаясь, рычаги 5 через рычаги 7 поворачивают прихваты 3 вокруг осей 6, и прихваты короткими плечами зажимают детали 4. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вверх и концы рычагов 5, шарнирно закрепленных на оси штока

2, через рычаги 7 поворачивают прихваты 3 вокруг осей 6 в направлении разжима деталей 4.

Сила зажима детали и исходная сила на штоке пневмоцилиндра в этом случае определяются по формулам

$$P_3 = \{P_{и}/[2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)]\}(l_1/l)\eta;$$

$$P_{и} = 2 P_3 \operatorname{tg}(\alpha + \beta),$$

где l и l_1 — длины плеч прихвата, мм; $\eta = 0,9$ — коэффициент, учитывающий трение в пневмоцилиндре; α — угол наклона рычагов усилителей; β — дополнительный угол к углу наклона α , учитывающий потери на трение скольжения в шарнирах.

4.5.

РАСЧЕТ КЛИНОПЛУНЖЕРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Трение скольжения по наклонной плоскости. Действие клиноплунжерных механизмов основано на принципах перемещения тела на наклонной плоскости (рис. 4.23) с учетом трения скольжения или трения качения.

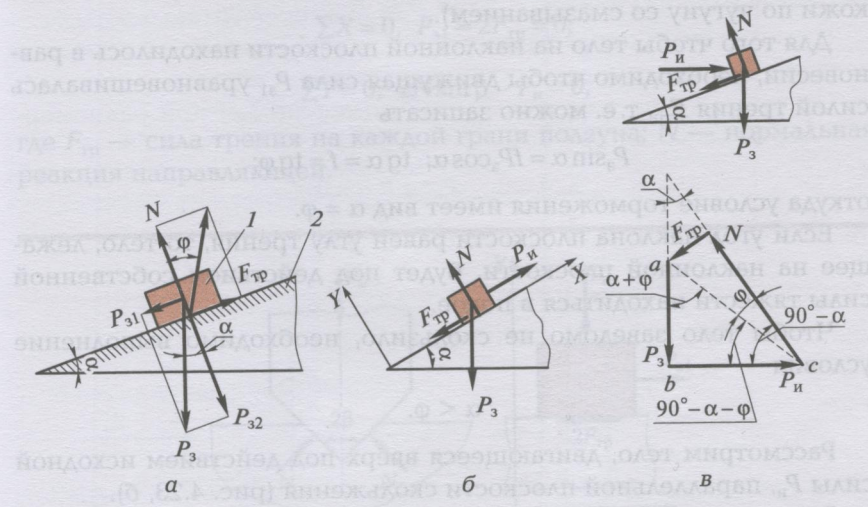


Рис. 4.23. Схемы сил, действующих на тело, находящееся на наклонной плоскости:

а — в состоянии покоя; *б* —двигающееся вверх под действием силы, параллельной плоскости скольжения; *в* —двигающееся вверх под действием силы, параллельной горизонтальной плоскости, и схема углов и сил

Рассмотрим тело, расположенное на шероховатой наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтальной плоскостью (рис. 4.23, а).

Разложим силу P_3 на составляющие силы P_{31} и P_{32} , соответственно параллельную и перпендикулярную наклонной плоскости. Значения этих составляющих определяются по следующим формулам:

$$P_{31} = P_3 \sin \alpha; \quad P_{32} = P_3 \cos \alpha.$$

Составляющая P_{32} уравнивается реакцией N наклонной плоскости. Таким образом,

$$P_{32} = N = P_3 \cos \alpha.$$

Составляющая сила P_{31} стремится сдвинуть тело вдоль наклонной плоскости и уравнивается полностью или частично силой трения $F_{\text{тр}}$. Согласно закону трения скольжения максимальное значение этой силы

$$F_{\text{тр}} = fN = fP_3 \cos \alpha,$$

где f — коэффициент трения скольжения по наклонной плоскости ($f = 0,15 \dots 0,30$ при движении металла по металлу, $f = 0,10 \dots 0,18$ при движении металла по металлу со смазыванием, $f = 0,30 \dots 0,50$ при движении кожи по чугуну без смазывания, $f = 0,15$ при движении кожи по чугуну со смазыванием).

Для того чтобы тело на наклонной плоскости находилось в равновесии, необходимо чтобы движущая сила P_{31} уравнивалась силой трения $F_{\text{тр}}$, т.е. можно записать

$$P_3 \sin \alpha = fP_3 \cos \alpha; \quad \text{tg } \alpha = f = \text{tg } \varphi;$$

откуда условие торможения имеет вид $\alpha = \varphi$.

Если угол наклона плоскости равен углу трения, то тело, лежащее на наклонной плоскости, будет под действием собственной силы тяжести находиться в покое.

Чтобы тело заведомо не скользило, необходимо выполнение условия

$$\alpha < \varphi.$$

Рассмотрим тело,двигающееся вверх под действием исходной силы $P_{\text{и}}$, параллельной плоскости скольжения (рис. 4.23, б).

Запишем сумму проекций действующих сил на ось X :

$$\sum X = 0; \quad P_{\text{и}} - P_3 \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0.$$

С учетом формулы

$$F_{\text{тр}} = fN = fP_3 \cos \alpha$$

получим выражение для определения исходной силы:

$$P_{\text{и}} = P_3 \sin \alpha + f P_3 \cos \alpha.$$

Рассмотрим тело,двигающееся под действием силы $P_{\text{и}}$, параллельной горизонтальной плоскости (см. рис. 4.23, в). Уравнение равновесия в этом случае имеет вид

$$P_3 + P_{\text{и}} + N + F_{\text{тр}} = 0.$$

Из треугольника abc запишем

$$P_{\text{и}} = P_3 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi).$$

Этот случай движения имеет место при взаимном перемещении винта и гайки с прямоугольной резьбой, так как резьбу винта можно рассматривать как плоскость с углом наклона, равным углу подъема винтовой линии.

Схему резьбы с треугольным или трапецидальным профилем можно представить как трение в клинчатом ползуне (рис. 4.24).

Определим силу P_{31} , необходимую для равномерного перемещения ползуна вдоль горизонтальных направляющих, если коэффициент трения скольжения равен f .

Составим два уравнения равновесия ползуна:

$$\sum X = 0, \quad P_{31} - 2F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum Y = 0, \quad 2N \sin \beta - P_{\text{и}} = 0,$$

где $F_{\text{тр}}$ — сила трения на каждой грани ползуна; N — нормальная реакция направляющей.

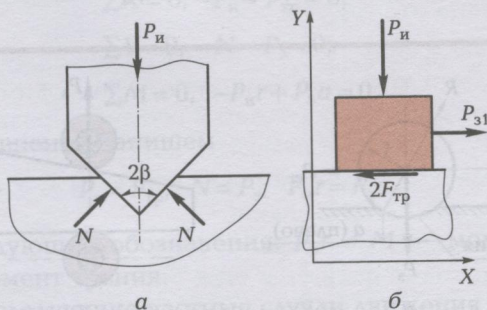


Рис. 4.24. Схема действия сил в клинчатом ползуне:

а — с треугольным профилем; б — при горизонтальном действии P_{31}

Решив эту систему уравнений с учетом $F_{тр} = fN$, получим

$$P_{з1} = P_{и} f / \sin \beta = P_{и} f',$$

где $f' = f / \sin \beta$ — приведенный коэффициент трения.

Угол трения, соответствующий приведенному коэффициенту f' , обозначим φ' и назовем приведенным углом трения. Тогда можно записать

$$f' = \operatorname{tg} \varphi'.$$

Очевидно, что $f' > f$ и, следовательно, при прочих равных условиях трение в клинчатом ползуне больше трения на плоскости.

Понятие приведенного коэффициента трения условно, так как он изменяется в зависимости от угла заострения клинчатого ползуна.

По аналогии с движением тела вверх по наклонной плоскости под действием горизонтальной силы для равномерного перемещения клинчатого ползуна по направляющим, наклоненным к горизонту под углом α , следует приложить горизонтальную силу

$$P_{з1} = P_{и} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi').$$

Для метрической резьбы угол $2\beta = 120^\circ$, а для трапецеидальной резьбы угол $2\beta = 150^\circ$.

Трение качения. Рассмотрим качение без скольжения цилиндра радиусом r под действием сил $P_{з}$ и $P_{и}$ (рис. 4.25, а).

Цилиндр будет перекачиваться по опорной плоскости, и полная реакция R пройдет через какую-то его точку a и центр.

Составим уравнение равновесия моментов $\sum M$ при равномерном перекачивании цилиндров:

$$\sum M = 0, \quad -P_{и}r + P_{з}a = 0,$$

где a — плечо силы $P_{и}$; r — радиус цилиндра.

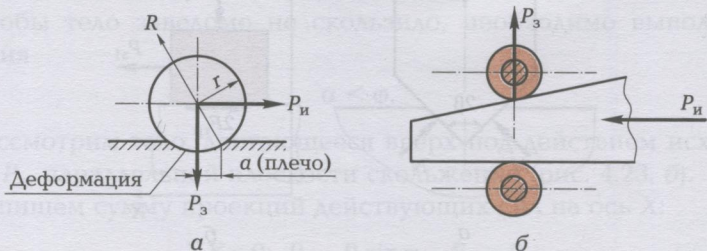


Рис. 4.25. Схема действия сил при качении тела по горизонтальной плоскости (а) и схема клиноплунжерного механизма с роликами (б)

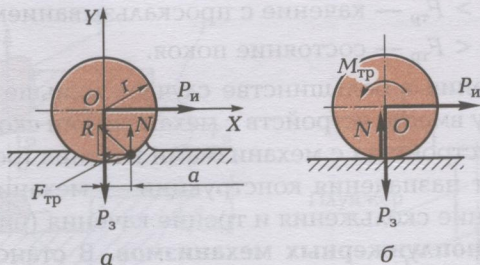


Рис. 4.26. Варианты схем качения:

а — с деформированием поверхности; б — без деформирования поверхности

Из последнего равенства определим силу, необходимую для равномерного качения цилиндра:

$$P_{\text{и}} = P_3 a / r.$$

Максимальное значение плеча a называется коэффициентом трения качения и выражается в сантиметрах или в миллиметрах.

Коэффициент трения качения практически не зависит от скорости движения тела.

Рассмотрим различные варианты схем качения (рис. 4.26).

Разложим полную реакцию R опорной поверхности на составляющие (рис. 4.26, а):

$$R = N + F_{\text{тр}},$$

где N — реакция, нормальная к недеформированной опорной поверхности; $F_{\text{тр}}$ — сила трения качения.

Составим три уравнения равновесия катка:

$$\sum X = 0, \quad P_{\text{и}} - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum Y = 0, \quad N - P_3 = 0;$$

$$\sum M = 0, \quad -P_{\text{и}} r + P_3 a = 0.$$

Из этих уравнений запишем

$$P_{\text{и}} = F_{\text{тр}}; \quad N = P_3; \quad P_{\text{и}} r = P_3 a.$$

Введем следующие обозначения: $P_{\text{и}} r = M$ — момент качения; $P_3 a = M_{\text{тр}}$ — момент трения.

Возможны следующие частные случаи движения катка:

- $M \geq M_{\text{тр}}, P_{\text{и}} < F_{\text{тр}}$ — только качение (рис. 4.26, б);
- $M < M_{\text{тр}}, P_{\text{и}} > F_{\text{тр}}$ — только скольжение;

- $M > M_{\text{тр}}, P_{\text{и}} > F_{\text{тр}}$ — качение с проскальзыванием;
- $M < M_{\text{тр}}, P_{\text{и}} < F_{\text{тр}}$ — состояние покоя.

Трение качения в большинстве случаев меньше трения скольжения, поэтому вместо устройств с механизмами скольжения часто применяются устройства с механизмами качения (роликами) или в зависимости от назначения конструкции — механизмы, сочетающие в себе трение скольжения и трение качения (рис. 4.25, б).

Детали клиноплунжерных механизмов. В станочных приспособлениях применяются клиновые механизмы с односкосым клином без роликов и с роликами и многоклиновые самоцентрирующие механизмы. Механизмы с односкосым клином без роликов и с роликами используются в качестве усилителей пневматических и гидравлических приводов, а многоклиновые самоцентрирующие механизмы — в конструкциях патронов, оправок и т.д. Преимуществами клиновых и клиноплунжерных механизмов являются:

- простота и компактность конструкции;
- удобство в наладке и эксплуатации;
- способность к самоторможению (механизмы с роликами не являются самотормозящими);
- постоянство сил закрепления, которые не зависят от допуска на размер заготовки.

Недостатки клиновых и клиноплунжерных механизмов следующие:

- сосредоточенный характер сил закрепления, затрудняющий использование их при обработке нежестких заготовок;
- низкая надежность, зависящая от характера клинового сопряжения, формы поперечного сечения плунжеров и пазов под плунжеры, зазоров между плунжерами и пазами, защищенности механизма от стружки.

На рис. 4.27, а представлен клиноплунжерный механизм, составными частями которого являются клин 1, к которому приложена сила $P_{\text{и}}$ от привода; плунжер 2 (кулачок), развивающий силу закрепления $P_{\text{з}}$; корпус 3 с пазами, в котором перемещаются клин и плунжер (кулачки); опорный ролик (ролики) 4, если в механизме предусмотрено его использование.

Важнейшими конструктивными и расчетными характеристиками такого механизма являются угол скоса клина α , передаточное отношение сил, или коэффициент усиления $i_{\text{с}}$, и передаточное отношение перемещений $i_{\text{перем}}$. При этом

$$i_{\text{с}} = P_{\text{з}}/P_{\text{и}}.$$

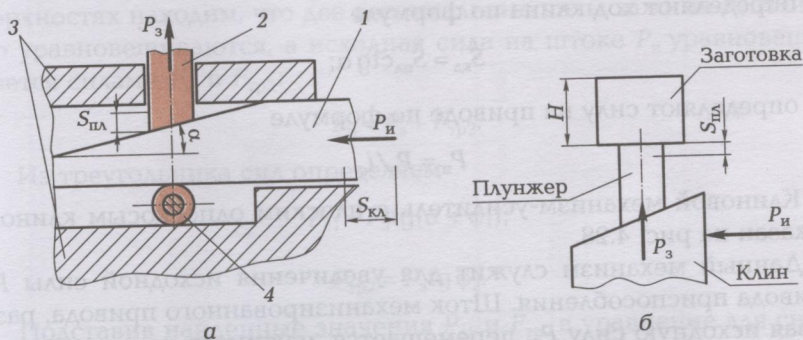


Рис. 4.27. Конструкция клиноплунжерного механизма с опорным роликом (а) и схема к расчету клиноплунжерного механизма (б):

1 — клин; 2 — плунжер; 3 — корпус; 4 — опорный ролик

Коэффициент усиления зависит от коэффициента трения.

С уменьшением угла α увеличивается выигрыш в силе, но одновременно увеличивается проигрыш в перемещениях:

$$i_{\text{перем}} = S_{\text{пл}} / S_{\text{кл}},$$

где $S_{\text{пл}}$ — ход плунжера; $S_{\text{кл}}$ — ход клина.

Передаточное отношение перемещений зависит от угла α :

$\alpha < 5^\circ 30'$ (из условия самоторможения) в механизмах без роликов;

$\alpha > 10^\circ$ в механизмах с роликами.

Клиноплунжерные механизмы для непосредственного закрепления заготовки (без прихватов) рассчитываются в следующем порядке (рис. 4.27, б):

- выбирают силу закрепления заготовки P_3 в качестве исходных данных;
- выбирают принципиальную схему механизма и угол α скоса клина;
- определяют ход плунжера (кулачка) по формуле

$$S_{\text{пл}} = T_H + \Delta_{\text{гар}} + \Delta S_{\text{пл}} + P_3 / J,$$

где T_H — допуск на размер H заготовки; $\Delta_{\text{гар}}$ — гарантированный зазор для свободной установки заготовки, $\Delta_{\text{гар}} = 0,2 \dots 0,4$ мм; $\Delta S_{\text{пл}}$ — запас хода плунжера, учитывающий погрешности изготовления и износ механизма, $\Delta S_{\text{пл}} = 0,2 \dots 0,4$ мм; J — жесткость механизма ($J = 1\,000 \dots 2\,500$ кН/м; при проектировании двухплунжерного механизма принимают $J = 2\,500 \dots 3\,500$ кН/м);

- определяют ход клина по формуле

$$S_{\text{кл}} = S_{\text{пл}} \operatorname{ctg} \alpha;$$

- определяют силу на приводе по формуле

$$P_{\text{и}} = P_3 / i_{\text{с}}.$$

Клиновой механизм-усилитель с плоским односкосым клином показан на рис. 4.28.

Данный механизм служит для увеличения исходной силы $P_{\text{и}}$ привода приспособления. Шток механизированного привода, развивая исходную силу $P_{\text{и}}$, перемещается, нажимает на односкосый клин и создает вертикальную силу зажима P_3 на наклонной поверхности. Силе зажима P_3 противодействуют нормальная сила реакции N на наклонной плоскости клина и силы трения $F_{\text{тр}1}$ и $F_{\text{тр}2}$, направленные в сторону, противоположную силе $P_{\text{и}}$. Рассмотрев клин при закреплении детали в приспособлении в состоянии равновесия, найдем соотношение между исходной силой $P_{\text{и}}$ и силой зажима P_3 без учета трения в направляющих подвижного звена, перемещаемого наклонной плоскостью клина. Обозначим $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$ коэффициент трения на наклонной плоскости. Заменим силы N и $F_{\text{тр}1}$ их равнодействующей R_1 и разложим силу R_1 на составляющие силы P_3 и P_{31} . При условии равновесия клина с трением на двух по-

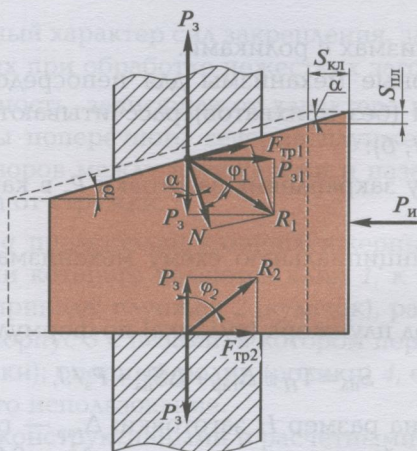


Рис. 4.28. Схема сил, действующих в механизме-усилителе с плоским односкосым клином:

φ_1 — угол трения скольжения на наклонной плоскости; φ_2 — угол трения скольжения на горизонтальной плоскости

верхностях находим, что две вертикальные силы зажима P_3 взаимно уравниваются, а исходная сила на штоке $P_{и}$ уравнивается силами P_{31} и $F_{тр2}$:

$$P_{и} = P_3 + F_{тр2}.$$

Из треугольника сил определяем

$$P_{31} = P_3 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1);$$

$$F_{тр2} = P_3 \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Подставив найденные значения P_{31} и $F_{тр2}$ в уравнение для силы $P_{и}$, получим

$$P_{и} = P_3 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + P_3 \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$$P_{и} = P_3 [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$

Из формулы для $P_{и}$ определим силу зажима:

$$P_3 = P_{и} / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$

Если на горизонтальной плоскости $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0$, то

$$P_3 = P_{и} / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1).$$

Отношение силы зажима P_3 к исходной силе $P_{и}$ на штоке приводя является передаточным отношением сил:

$$i_c = P_3 / P_{и} = 1 / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2];$$

$$P_3 = i_c P_{и}.$$

Перемещение $S_{пл}$ по вертикали точки приложения силы зажима P_3 (перемещение плунжера) к перемещению $S_{кл}$ по горизонтали точки приложения исходной силы (перемещению клина) называют передаточным отношением перемещения:

$$i_{перем} = S_{пл} / S_{кл} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$S_{пл} = S_{кл} \operatorname{tg} \alpha.$$

Самоторможение клина на двух его поверхностях определяется соотношением

$$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2;$$

при этом если $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, то $\alpha \leq 2\varphi$.

Приняв для сопряженных стальных поверхностей клина и детали коэффициент трения скольжения $f = \operatorname{tg} \varphi = 0,1$, получим угол тре-

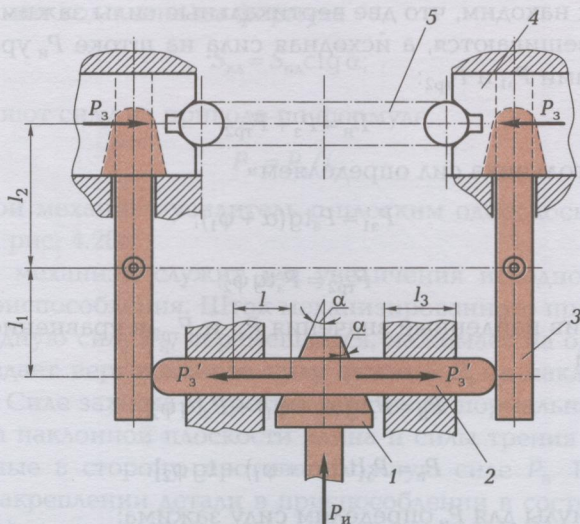


Рис. 4.29. Схема комбинированного усилителя, состоящего из клиноплунжерного и рычажного механизмов зажима:

1 — двухскосый клин с равными углами наклона α ; 2 — плунжер; 3 — рычаг; 4 — призма; 5 — шатун

ния $\varphi = 5^\circ 43'$. Следовательно, самоторможение клина при трении на двух его поверхностях будет выполняться при угле наклона $\alpha \leq 11^\circ$.

Схема комбинированного усилителя, состоящего из клиноплунжерного и рычажного механизмов для зажима детали, показана на рис. 4.29.

Клин 1, имеющий равные углы наклона α и передающий на плунжеры 2 одинаковые силы зажима P_3 , представляет собой как бы два соединенных вместе односкосых клина. Поэтому все выводы, приведенные ранее для односкосого клина, действительны и для двухскосого клина.

Найдем суммарную силу зажима детали с учетом передаточных отношений и при условии, что $F_{тр2} = 0$, $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0$:

$$P_3 = P_{и} i_{c1} i_{c2}.$$

Здесь $P_{и}$ — исходная сила на штоке плунжера; i_{c1} — передаточное отношение клиноплунжерного механизма-усилителя; i_{c2} — передаточное отношение для плеч рычага первого рода, определяемое по формуле

$$i_{c2} = P_3 / P'_3 = l_1 / l_2,$$

где $P'_3 = P_3/n$ — осевая сила плунжера; n — число плунжеров; l_1 и l_2 — плечи рычагов первого рода; l_3 — длина направляющей втулки плунжера; l — расстояние между точкой приложения силы P'_3 и серединой втулки.

Тогда

$$P_3 = [P_{\text{и}}/\text{tg}(\alpha + \varphi_1)] - P_{\text{и}}\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}.$$

Здесь $\varphi_{3\text{пр}}$ — приведенный угол трения, определяемый по формуле

$$\text{tg}\varphi_{3\text{пр}} = P_{\text{и}}[1 - \text{tg}(\alpha + \varphi_1)\varphi_{3\text{пр}}]/\text{tg}(\alpha + \varphi_1).$$

Следовательно, передаточное отношение сил можно записать в виде

$$i_c = P_3/P_{\text{и}} = [1 - \text{tg}(\alpha + \varphi_1)\varphi_{3\text{пр}}]/\text{tg}(\alpha + \varphi_1).$$

На рис. 4.30, а показана схема клинового механизма с односко-
сым клином и двумя роликами.

Здесь клин 2 передает силу зажима не плоским поверхностям, а вращающимся роликам 1 и 3, поэтому в формулу для определения силы зажима P_3 в этом случае вместо коэффициента трения скольжения $\text{tg}\varphi_2$ и угла трения скольжения φ_1 подставляют приведенный коэффициент трения качения $\text{tg}\varphi_{2\text{пр}}$ и угол трения качения $\varphi_{1\text{пр}}$:

$$P_3 = P_{\text{и}}/[\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg}\varphi_{2\text{пр}}].$$

На рис. 4.30, б показан односко-
сы клин с одним роликом на наклонной плоскости клина.

В этом случае сила зажима определяется по формуле

$$P_3 = P_{\text{и}}/[\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg}\varphi_2].$$

Для клинорычажного механизма с двумя роликами, показанного на рис. 4.30, в, зажимающее усилие и усилие на исполнительном механизме находятся по следующим формулам:

$$P_3 = P_{\text{и}}(l_1/l)\eta/[\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg}\varphi_{2\text{пр}}];$$

$$P_{\text{и}} = P_{\text{и1}}[\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg}\varphi_{2\text{пр}}]/\eta,$$

где η — коэффициент, учитывающий потери на трение в уплотнениях; $\varphi_{1\text{пр}}$ — приведенный угол трения качения на наклонной поверхности клина; $\text{tg}\varphi_{2\text{пр}}$ — приведенный коэффициент трения качения.

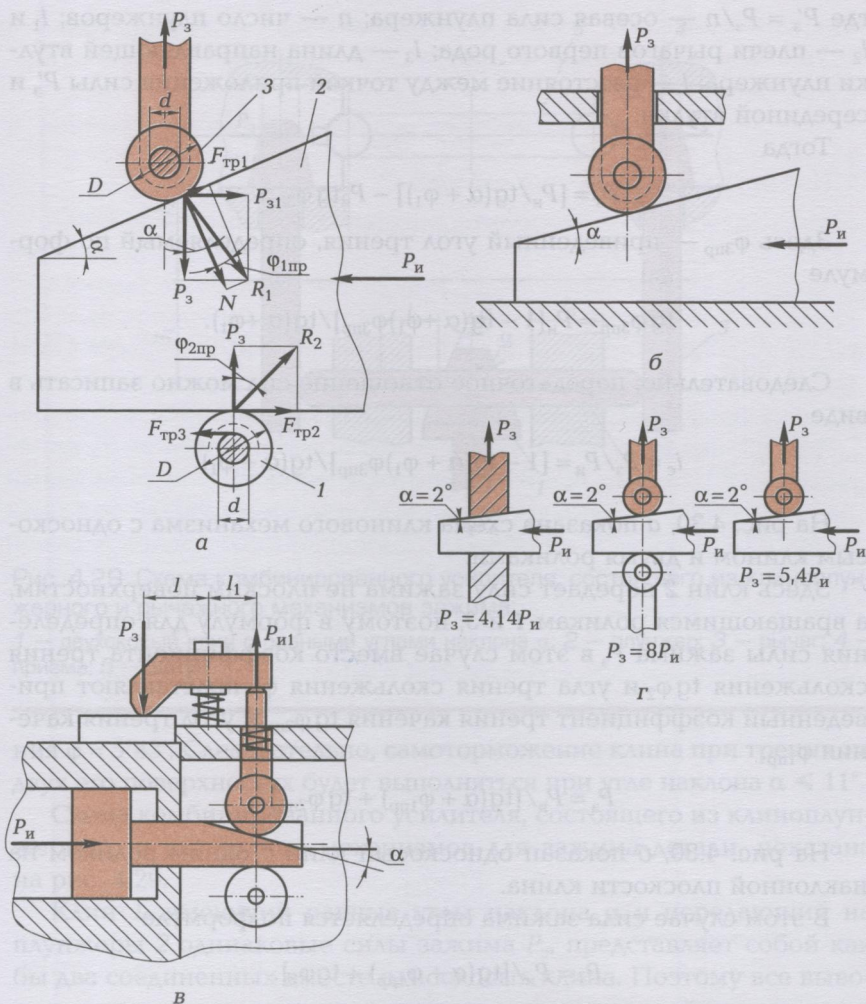


Рис. 4.30. Схемы клинового механизма с односкосым клином и двумя роликами (а), односкосого клина с одним роликом на наклонной плоскости клина (б), клинорычажного механизма с двумя роликами (в) и схемы, поясняющие преимущества применения роликов в клиновых механизмах (г): 1, 3 — ролики; 2 — клин

Значения приведенных коэффициентов и углов трения находятся при условии равновесия нижнего ролика (см. рис. 4.30, а). Моменты от сил трения $F_{тр2}$ и $F_{тр3}$ относительно оси ролика определяются зависимостью

$$F_{\text{тр}2}D/2 = F_{\text{тр}3}d/2.$$

Подставив в приведенное равенство выражения

$$F_{\text{тр}2} = P_3 \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}}; \quad F_{\text{тр}3} = P_3 \operatorname{tg} \varphi_2;$$

получим

$$P_3 \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} D/2 = P_3 \operatorname{tg} \varphi_2 d/2.$$

Сократив правую и левую части равенства на P_3 и на 2, найдем приведенный коэффициент трения качения для нижнего ролика:

$$\operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_2 (d/D);$$

$$\varphi_{2\text{пр}} = \operatorname{arctg} \varphi_2 (d/D) = \operatorname{arctg} f_2 (d/D).$$

Аналогичная формула применяется и для определения коэффициента трения качения для верхнего ролика:

$$\operatorname{tg} \varphi_{1\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_1 (d/D);$$

$$\varphi_{1\text{пр}} = \operatorname{arctg} \varphi_1 (d/D) = \operatorname{arctg} f_1 (d/D).$$

Следовательно, для уменьшения приведенного коэффициента трения качения следует принимать диаметр d оси ролика минимально допустимым, а наружный диаметр ролика D максимально допустимым конструкцией приспособления.

Приняв

$$f = f_1 = f_2 = \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,1; \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 43'; \quad d/D = 0,5,$$

по приведенным формулам получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_{1\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_1 (d/D) = 0,05;$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi_2 (d/D) = 0,05.$$

Условие самоторможения клинового механизма определяется коэффициентом трения скольжения f и отношением d/D .

Найдем угол

$$\varphi_{1\text{пр}} = \operatorname{arctg} \varphi_1 (d/D) = \operatorname{arctg} 0,05 = 2^\circ 52'.$$

Следовательно, условие самоторможения для односколых клиньев с двумя роликами обеспечивается, если угол наклона равен сумме $2^\circ 52' + 2^\circ 52' = 4^\circ 104' = 5^\circ 44'$; т.е. при $\alpha \leq 5^\circ 44'$.

Клиновые механизмы с роликами применяются как усилители механизированных приводов, поскольку в них потери на трение

клина меньше, а сила зажима больше, чем в клиновых механизмах без роликов, что поясняют схемы, показанные на рис. 4.30, г.

Клиноплунжерные механизмы-усилители применяются для различных целей. Например, одно- и двухплунжерные механизмы используются как усилители привода станочных приспособлений, а многоплунжерные — как центрирующие механизмы патронов и оправок.

Рассмотрим схему механизма-усилия с неперекошенным плунжером (рис. 4.31, а) и найдем зависимости между силой зажима P_3 и исходной силой $P_{и}$ привода.

Для равновесия плунжера необходимо выполнение следующих условий:

$$\sum X = 0, \quad P_{31} - N = 0, \quad P_{31} = N;$$

$$\sum Y = 0, \quad -P_3 + P_{32} - F_{тр3} = 0;$$

$$P_3 = P_{32} - F_{тр3};$$

$$P_3 = P_{32} - N \operatorname{tg} \varphi_{тр3};$$

$$P_3 = P_{32} - P_{31} \operatorname{tg} \varphi_{тр3},$$

где $\varphi_{тр3}$ — угол трения двухопорного плунжера.

Значения P_{32} и P_{31} определяются по формулам

$$P_{32} = P_{и} [1 / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}) + \operatorname{tg} \varphi_{тр2}]];$$

$$P_{31} = P_{и} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}),$$

где $\varphi_{тр1}$ — угол трения на наклонной плоскости клина; $\varphi_{тр2}$ — угол трения на горизонтальной плоскости клина.

Подставим выражения для P_{31} и P_{32} в формулу равновесия плунжера:

$$P_3 = P_{и} [1 / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}) + \operatorname{tg} \varphi_{тр2}]] - P_{и} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}) \operatorname{tg} \varphi_{тр3}].$$

После выполнения преобразований получим окончательную формулу

$$P_3 = P_{и} \{1 - [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}) \operatorname{tg} \varphi_{тр3}] / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{тр1}) + \operatorname{tg} \varphi_{тр2}]\}.$$

Обозначим $\varphi_{тр1}$, $\varphi_{тр2}$, $\varphi_{тр3}$ соответственно φ_1 , φ_2 , φ_3 и запишем

$$P_3 = P_{и} \{1 - [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3] / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]\}.$$

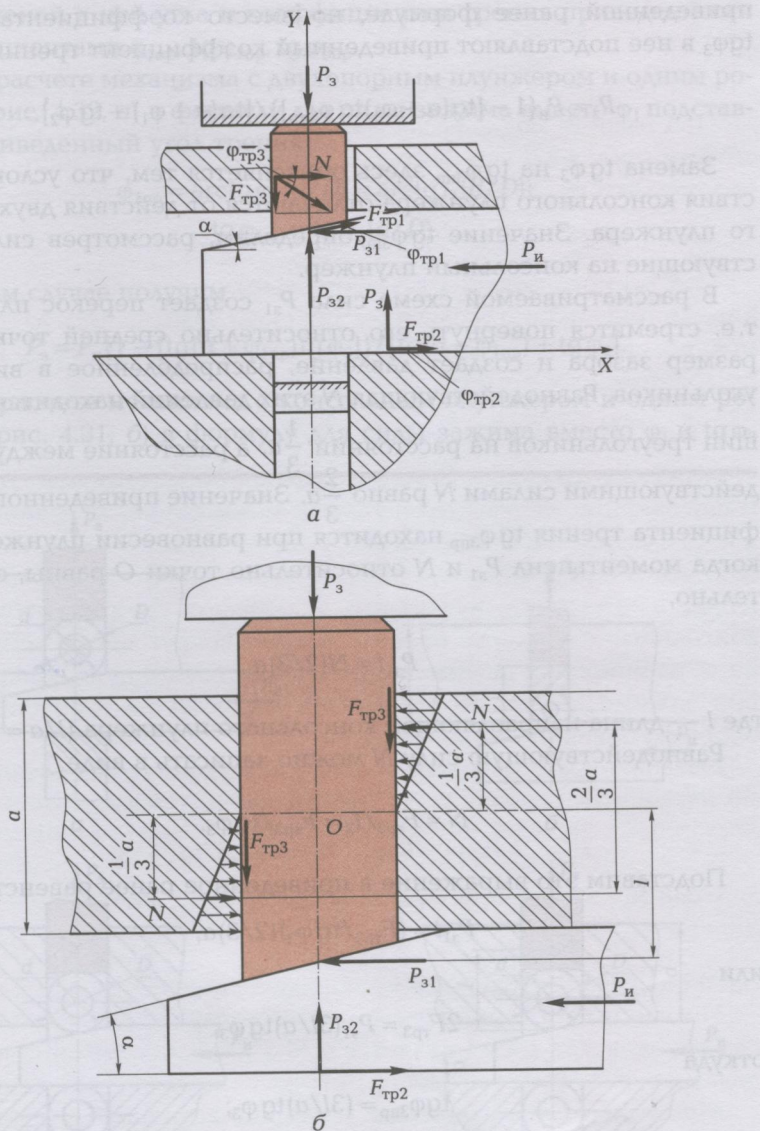


Рис. 4.31. Схемы клиновых механизмов-усилителей без роликов:
 а — с неперекошенным плунжером; б — с консольным плунжером

На рис. 4.31, б показана схема механизма-усилителя с консольным плунжером. В этом случае сила зажима P_3 определяется по

приведенной ранее формуле, но вместо коэффициента трения $\text{tg}\varphi_3$ в нее подставляют приведенный коэффициент трения $\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}$:

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\text{tg}(\alpha + \varphi_1) \text{tg}\varphi_{3\text{пр}}]\} / [\text{tg}(\alpha + \varphi_1) + \text{tg}\varphi_2].$$

Замена $\text{tg}\varphi_3$ на $\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}$ здесь объясняется тем, что условия действия консольного плунжера отличаются от действия двухопорного плунжера. Значение $\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}$ определим, рассмотрев силы, действующие на консольный плунжер.

В рассматриваемой схеме сила P_{31} создает перекося плунжера, т.е. стремится повернуть его относительно средней точки O на размер зазора и создает давление, распределенное в виде треугольников. Равнодействующая N этих давлений находится от вершин треугольников на расстоянии $\frac{1}{3}a$, а расстояние между равнодействующими силами N равно $\frac{2}{3}a$. Значение приведенного коэффициента трения $\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}$ находится при равновесии плунжера, т.е. когда моменты сил P_{31} и N относительно точки O равны, следовательно,

$$P_{31}l = N(2/3)a,$$

где l — длина направляющей консольного плунжера ($l/a = 0,7$).

Равнодействующую силу N можно записать в виде

$$N = F_{\text{тр}3}/f_3 = F_{\text{тр}3}/\text{tg}\varphi_3.$$

Подставим это выражение в приведенное ранее равенство:

$$P_{31}l = (F_{\text{тр}3}/\text{tg}\varphi_3)(2/3)a,$$

или

$$2F_{\text{тр}3} = P_{31}(3l/a)\text{tg}\varphi_3,$$

откуда

$$\text{tg}\varphi_{3\text{пр}} = (3l/a)\text{tg}\varphi_3;$$

$$2F_{\text{тр}3} = P_{31}\text{tg}\varphi_{3\text{пр}}.$$

На рис. 4.32 показаны четыре схемы клиновых механизмов с одним плунжером и роликами.

Для таких механизмов сила зажима рассчитывается по формуле

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\text{tg}(\alpha + \varphi_1) \text{tg}\varphi_3]\} / [\text{tg}(\alpha + \varphi_1) + \text{tg}\varphi_2],$$

но с заменой в ней угла и коэффициентов трения приведенными коэффициентами φ_{1np} , $\operatorname{tg} \varphi_{2np}$, $\operatorname{tg} \varphi_{3np}$.

При расчете механизма с двухопорным плунжером и одним роликом (рис. 4.32, а) в формулу для силы зажима вместо φ_1 подставляют приведенный угол трения

$$\varphi_{1np} = \operatorname{arctg} \varphi_1(d/D) = \operatorname{arctg} f_1(d/D);$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{1np} = \operatorname{tg} \varphi_1(d/D).$$

В этом случае получим

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1np}) \operatorname{tg} \varphi_3]\} / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1np}) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$

При расчете механизма с консольным плунжером и одним роликом (рис. 4.31, б) в формулу для силы зажима вместо φ_1 и $\operatorname{tg} \varphi_3$

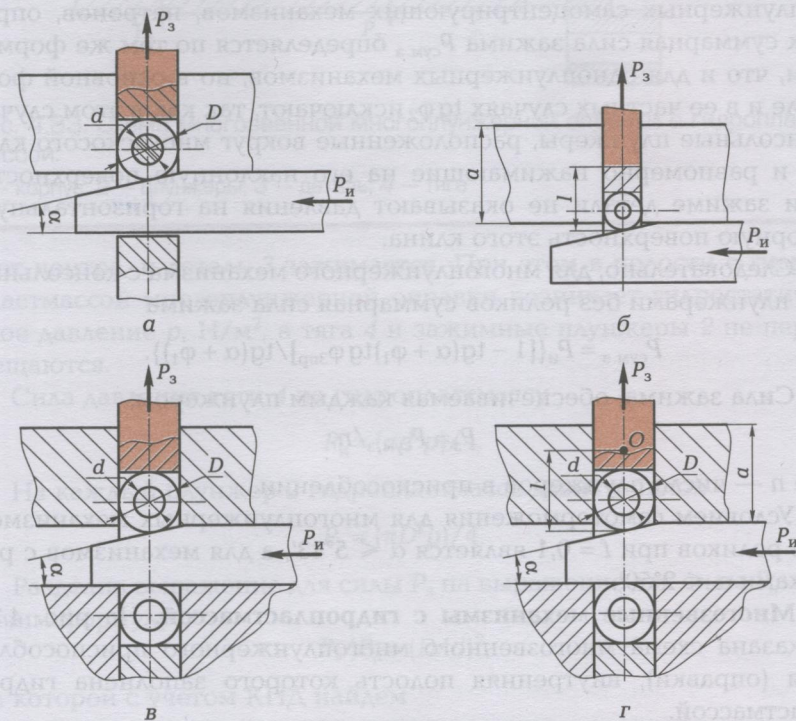


Рис. 4.32. Схемы клиновых механизмов с одним плунжером и роликами: а — с двухопорным плунжером и одним роликом; б — с консольным плунжером и одним роликом; в — с двухопорным плунжером и двумя роликами; г — с консольным плунжером и двумя роликами

подставляют $\varphi_{1\text{пр}}$ и $\text{tg } \varphi_{3\text{пр}} = \text{tg } \varphi_3(3l/a)$, т.е. можно записать в данном случае

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) \text{tg } \varphi_3(3l/a)]\} / [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg } \varphi_2].$$

При расчете механизма с двухопорным плунжером и двумя роликами (рис. 4.32, в) в формулу для силы зажима вместо φ_1 и $\text{tg } \varphi_2$ подставляют $\varphi_{1\text{пр}}$ и $\text{tg } \varphi_{2\text{пр}} = \text{tg } \varphi_2(d/D)$, т.е. можно записать

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) \text{tg } \varphi_3]\} / [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg } \varphi_2(d/D)].$$

При расчете механизма с консольным плунжером и двумя роликами (рис. 4.32, г) в формулу для силы зажима вместо φ_1 , $\text{tg } \varphi_2$ и $\text{tg } \varphi_3$ подставляют их приведенные значения $\varphi_{1\text{пр}}$, $\text{tg } \varphi_{2\text{пр}}$ и $\text{tg } \varphi_{3\text{пр}}$, следовательно, в этом случае сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} \{1 - [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) \text{tg } \varphi_3(3l/a)]\} / [\text{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \text{tg } \varphi_2(d/D)].$$

Многоплунжерные самоцентрирующие механизмы. Для многоплунжерных самоцентрирующих механизмов, патронов, оправок суммарная сила зажима $P_{\text{сум.з}}$ определяется по тем же формулам, что и для одноплунжерных механизмов, но в основной формуле и в ее частных случаях $\text{tg } \varphi_2$ исключают, так как в этом случае консольные плунжеры, расположенные вокруг многосконого клина и равномерно нажимающие на его наклонную поверхность, при зажиме детали не оказывают давления на горизонтальную опорную поверхность этого клина.

Следовательно, для многоплунжерного механизма с консольными плунжерами без роликов суммарная сила зажима

$$P_{\text{сум.з}} = P_{\text{и}} \{[1 - \text{tg}(\alpha + \varphi_1) \text{tg } \varphi_{3\text{пр}}] / \text{tg}(\alpha + \varphi_1)\}.$$

Сила зажима, обеспечиваемая каждым плунжером,

$$P_3 = P_{\text{сум.з}} / n,$$

где n — число плунжеров в приспособлении.

Условие самоторможения для многоплунжерных механизмов без роликов при $f = 0,1$ является $\alpha \leq 5^\circ 43'$, а для механизмов с роликами $\alpha \leq 2^\circ 50'$.

Многозвенные механизмы с гидропластмассой. На рис. 4.33 показана схема многозвенного многоплунжерного приспособления (оправки), внутренняя полость которого заполнена гидропластмассой.

В отверстия корпуса 1 оправки вставлены плунжеры 2. При подаче сжатого воздуха в правую полость пневмопривода (на рис. 4.33 не показана) поршень со штоком и тягой 4, перемещаясь влево, нажимает на гидропластмассу, которая перемещает плунжеры

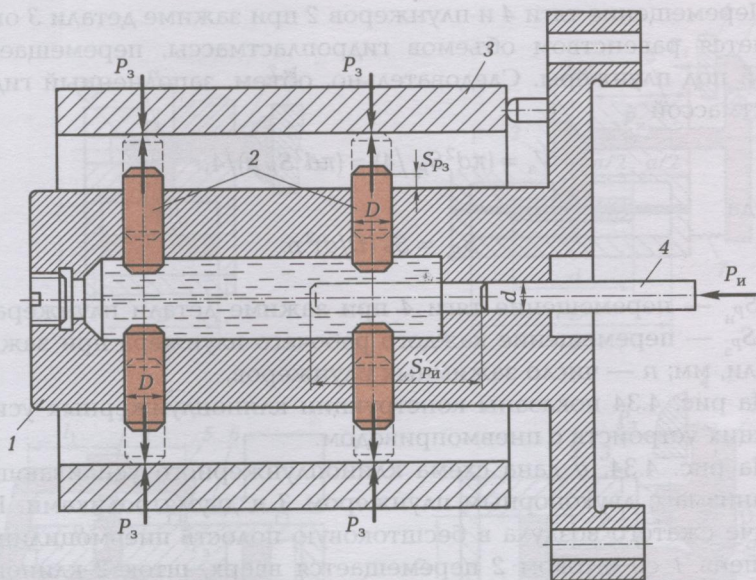


Рис. 4.33. Схема многозвенной многоплунжерной оправки с гидропластмассой:

1 — корпус; 2 — плунжеры; 3 — деталь; 4 — тяга

2 от центра, и деталь 3 зажимается. При этом в полости с гидропластмассой многоплунжерной оправки возникает гидростатическое давление p , Н/м², а тяга 4 и зажимные плунжеры 2 не перемещаются.

Сила давления тяги 4 на гидропластмассу

$$P_{\text{и}} = (\pi d^2 p) / 4.$$

На каждый плунжер 2 гидропластмасса давит с силой

$$P_3 = (\pi D^2 p) / 4.$$

Разделив выражение для силы P_3 на выражение для силы $P_{\text{и}}$, получим формулу

$$P_3 / P_{\text{и}} = (D/d)^2,$$

из которой с учетом КПД найдем

$$P_3 = P_{\text{и}} (D/d)^2 \eta,$$

где $P_{\text{и}}$ — исходная сила на штоке механизированного привода, Н; D — диаметр зажимного плунжера, см; d — диаметр тяги, см; $\eta = 0,9$ — коэффициент полезного действия привода.

Перемещение тяги 4 и плунжеров 2 при зажиме детали 3 определяется равенством объемов гидропластмассы, перемещаемой тягой под плунжеры. Следовательно, объем, заполненный гидропластмассой

$$V_3 = (\pi d^2 S_{P_и} / 4) = (\pi d^2 S_{P_3} n) / 4,$$

откуда

$$S_{P_и} = S_{P_3} (D/d)^2 n,$$

где $S_{P_и}$ — перемещение тяги 4 при зажиме детали плунжерами, мм; S_{P_3} — перемещение каждого рабочего плунжера при зажиме детали, мм; n — число зажимных плунжеров.

На рис. 4.34 показаны конструкции клиноплунжерных усиливающих устройств с пневмоприводом.

На рис. 4.34, а дана схема клиноплунжерного усиливающего механизма с двухопорным плунжером 3 и двумя роликами. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вверх, шток 2 клиновым концом нажимая на правый ролик, смещает плунжер 3 вправо, и он качающимся башмаком зажимает деталь 4. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вниз, шток 2 клиновым концом нажимая на левый ролик, смещает плунжер 3 с башмаком влево, и деталь 4 разжимается.

Для рассматриваемого механизма сила зажима детали и осевая сила на штоке цилиндра при $\text{tg } \varphi_{\text{лп}} = \text{tg } \varphi_1 (D/d)$, определяются соответственно по формулам

$$P_3 = P_и / [\text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{лп}}) + \text{tg } \varphi_2] (1/\eta);$$

$$P_и = P_3 / [\text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{лп}}) + \text{tg } \varphi_2] (1/\eta),$$

где $\text{tg } \varphi_1$ — коэффициент трения на скосе клина.

На рис. 4.34, б дана схема клиноплунжерного усиливающего механизма с односкосым клином и двухопорным плунжером. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается влево. Шток 2, поворачивая рычаг 3 на оси, перемещает прихват 5 на деталь и под головку плунжера 4, который одновременно, перемещаясь по скосу штока, опускается, головкой прижимает прихват 5 к детали 6 и закрепляет ее. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вправо, шток 2 скосом передвигает плунжер 4 вверх и одновременно, по-

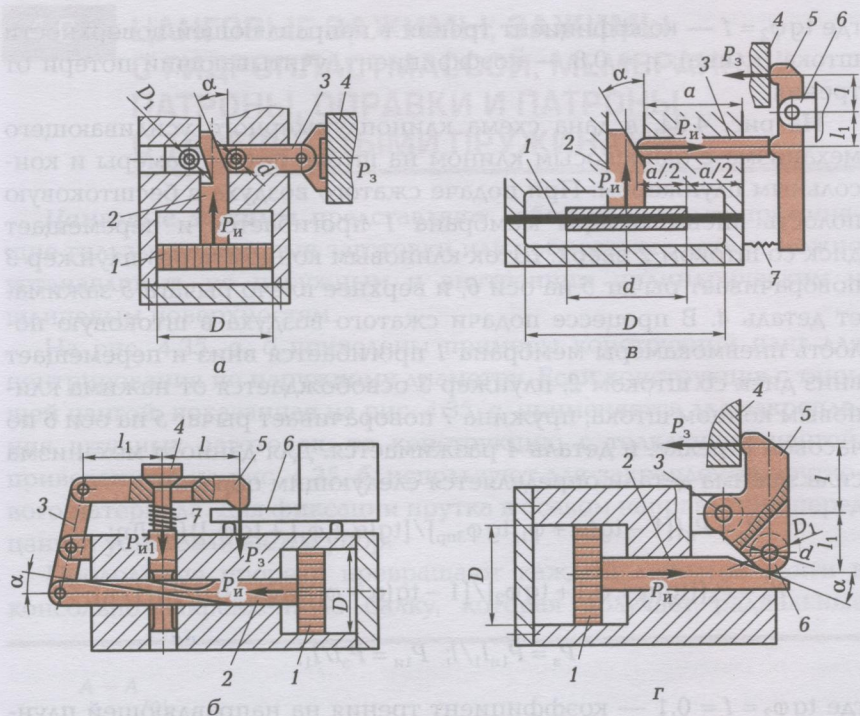


Рис. 4.34. Конструкции клиноплунжерных усиливающих механизмов с пневмоприводом:

а — с двухпоршнем плунжером и двумя роликами: 1 — поршень; 2 — шток; 3 — плунжер; 4 — деталь; б — с односкосным клином и двухпоршнем плунжером: 1 — поршень; 2 — шток; 3 — рычаг; 4 — плунжер; 5 — прихват; 6 — деталь; 7 — пружина; в — с односкосным клином на штоке пневмокамеры и консольным плунжером: 1 — мембрана; 2 — шток; 3 — плунжер; 4 — деталь; 5 — рычаг; 6 — ось; 7 — пружина; г — с прихватом: 1 — поршень; 2 — шток; 3 — ось; 4 — деталь; 5 — прихват; 6 — ролик

ворачивая рычаг 3, отводит влево прихват 5 от плунжера 4 и детали 6, и деталь разжимается.

Пружина 7 на плунжере поднимает прихват 5 вверх для удобства снятия и установки деталей в приспособлении. Для данного клинорычажного механизма сила зажима и осевая сила определяются по следующим формулам:

$$P_3 = P_{и} / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] [(l + l_1) / l_1] (1/\eta);$$

$$P_{и} = P_3 / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] [(l + l_1) / l_1] (1/\eta);$$

$$P_{и} = P_{и1} / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] (1/\eta),$$

где $\operatorname{tg} \varphi_2 = f$ — коэффициент трения в направляющей поверхности штока (клина); $\eta = 0,8$ — коэффициент, учитывающий потери от трения.

На рис. 4.34, в дана схема клиноплунжерного усиливающего механизма с односкосым клином на штоке пневмокамеры и консольным плунжером. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмокамеры мембрана 1 прогибается и перемещает диск со штоком 2 вверх. Шток клиновым концом через плунжер 3 поворачивает рычаг 5 на оси 6, и верхнее плечо рычага 5 зажимает деталь 4. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость пневмокамеры мембрана 1 прогибается вниз и перемещает вниз диск со штоком 2, плунжер 3 освобождается от нажима клиновым концом штока, пружина 7 поворачивает рычаг 5 на оси 6 по часовой стрелке, и деталь 4 разжимается. Для данного механизма сила зажима детали определяется следующим образом:

$$P_3 = P_{\text{и}} \{ [1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_{3\text{пр}}] / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] \} (l_1/l) \eta;$$

$$P_{\text{и}} = P_3 \{ [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] / [1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_{3\text{пр}}] \} (l/l_1) (1/\eta);$$

$$P_3 = P_{\text{и}} l_1/l; \quad P_{\text{и}} = P_3 l/l_1,$$

где $\operatorname{tg} \varphi_2 = f = 0,1$ — коэффициент трения на направляющей плунжера; $P_{\text{и}}$ — исходная сила на штоке втулки; l_1, l — длины плеч рычага.

На рис. 4.34, г дана схема зажимного механизма с прихватом и пневматическим приводом. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра поршень 1 со штоком 2 перемещается вправо. Шток 2 клиновым концом, нажимая на ролик 6, расположенный на оси прихвата 5, поворачивает последний вокруг оси 3, и он верхним плечом зажимает деталь 4. В процессе подачи сжатого воздуха в штоковую полость поршень 1 со штоком 2 перемещается влево и клиновый конец штока 2 прекращает нажим на ролик 6. При этом прихват 5 вследствие более тяжелой нижней его части поворачивается вокруг оси 3 и деталь 4 разжимается. Для такого механизма сила зажима

$$P_3 = P_{\text{и}} \{ [1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}})] / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi_2] \} (l_1/l) \eta,$$

где $\varphi_{1\text{пр}} = \operatorname{arctg} f(d/D_1)$ — приведенный угол трения на скосе клина; $f = 0,1$ — коэффициент трения; D_1 — диаметр ролика, мм; d — диаметр оси ролика, мм; $\operatorname{tg} \varphi_2$ — коэффициент трения в направляющей поверхности клина; $\eta = 0,9$ — коэффициент, учитывающий потери на трение в пневмоприводе.

ЦАНГОВЫЕ ЗАЖИМЫ, ЗАЖИМЫ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ, МЕМБРАННЫЕ ПАТРОНЫ, ОПРАВКИ И ПАТРОНЫ С ТАРЕЛЬЧАТЫМИ ПРУЖИНАМИ

Цанговые зажимы представляют собой разрезные пружинящие гильзы, на которые заготовки или собираемые детали можно устанавливать по наружным и внутренним цилиндрическим и шлицевым поверхностям.

На рис. 4.35, *а, б* приведены примеры конструкций цанг для центрирования по наружному диаметру. Если конструкция с тянущей цангой, показанная на рис. 4.35, *а*, применяется для закрепления штучных заготовок, то конструкцию с толкающей цангой, приведенную на рис. 4.35, *б*, используют для закрепления пруткового материала. Для фиксации прутка в осевом направлении перед цангой устанавливается упор.

Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные

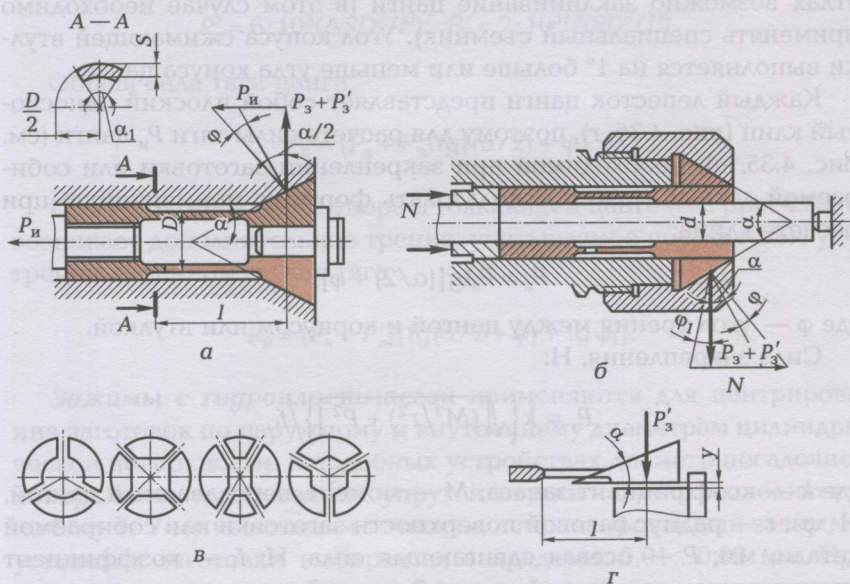


Рис. 4.35. Конструкции зажимов с тянущей и толкающей цангами для закрепления соответственно штучных заготовок (*а*) и пруткового материала (*б*), формы лепестков цанги (*в*) и схема для расчета сил в цанге (*г*)

упругие перемещения при продольном перемещении цанги или корпуса. Так как радиальные перемещения лепестков цанги происходят одновременно с одинаковой скоростью, цанговый механизм обладает свойством самоцентрирования.

Число лепестков цанги (рис. 4.35, в) зависит от ее рабочего диаметра d (см. рис. 4.35, б) и профиля базовой поверхности заготовки или собираемой детали. При $d \leq 30$ мм цанга имеет три лепестка, а при $30 < d < 80$ мм — шесть. Если базовая поверхность шлицевая, то число лепестков равно числу шлицов и форма лепестка повторяет профиль впадины шлица.

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны, т.е. точность обработки их поверхности не должна быть грубее 9-го качества (6—9-й качества точности).

Обычно цанги изготавливаются из сталей марок У8А, У10А, 65 Г, а для цанг больших размеров применяются стали марок 15ХА и 12ХНЗА с цементацией. Рабочую часть цанг термически обрабатывают до твердости HRC 58...62 (твердость хвостовой части составляет 39...45 HRC).

Угол конуса α выбирают в диапазоне 35...40°. При меньших углах возможно заклинивание цанги (в этом случае необходимо применять специальный съемник). Угол конуса сжимающей втулки выполняется на 1° больше или меньше угла конуса цанги.

Каждый лепесток цанги представляет собой плоский односко-
 сый клин (рис. 4.35, г), поэтому для расчета силы тяги $P_{\text{и}}$ цанги (см. рис. 4.35, а), необходимой при закреплении заготовки или собираемой детали, можно использовать формулу, применяемую при расчете клина:

$$P_{\text{и}} = P_3 \operatorname{tg}[(\alpha/2) + \varphi],$$

где φ — угол трения между цангой и корпусом или втулкой.

Сила закрепления, Н:

$$P_3 = k \left\{ \sqrt{[(M^2/r^2) + P^2]} \right\} / f_1,$$

где k — коэффициент запаса; M — момент, передаваемый цангой, Н·мм; r — радиус базовой поверхности заготовки или собираемой детали, мм; P — осевая сдвигающая сила, Н; f_1 — коэффициент трения между заготовкой или собираемой деталью и лепестками цанги.

Под действием силы тяги лепестки цанги сжимаются до выборки зазора Δ , необходимого для свободной установки заготовки

или собираемой детали. Силу зажима P'_3 можно определить, рассмотрев лепесток цанги как консольно закрепленную балку:

$$P'_3 = [3EJy/(10l^3)]n,$$

где E — модуль упругости материала цанги, МПа; J — момент инерции сектора тонкого кольца в месте заделки лепестка цанги, мм⁴ (см. сечение А—А на рис. 4.35, а); y — стрела прогиба лепестка, равная половине зазора по диаметру между заготовкой или собираемой деталью и цангой, мм; l — длина лепестка от места заделки до середины корпуса, мм (см. рис. 4.35, г); n — число лепестков цанги.

Момент инерции

$$J = (D^3S/8)[\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - (2 \sin^2 \alpha_1)/\alpha_1],$$

где D — наружный диаметр поверхности лепестка, мм; S — толщина стенки лепестка, мм; α_1 — половина угла сектора лепестка цанги, ...°.

Приняв $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа и $y = \Delta/2$, получим формулы соответственно для трех- и четырехлепестковых цанг:

$$P'_3 = 6 \cdot 10^3 (\Delta S D^3 / l^3); \quad P'_3 = 2 \cdot 10^3 (\Delta S D^3 / l^3).$$

Общая сила тяги цанги

$$P_{\text{и}} = (P_3 + P'_3) \operatorname{tg}[(\alpha/2) + \varphi].$$

При наличии осевого упора в толкающей цанге (см. рис. 4.35, б) возникает дополнительное трение, учитываемое посредством угла трения. В данном случае тяга

$$P_{\text{и}} = (P_3 + P'_3)[\operatorname{tg}(\alpha/2 + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1].$$

Зажимы с гидропластмассой применяются для центрирования заготовок по наружному и внутреннему диаметрам цилиндрической поверхности. В подобных устройствах диаметр посадочной поверхности тонкостенной упругой втулки обычно выполняется по 6-му и 7-му квалитетам точности, а гарантированный зазор для установки заготовки выбирается в пределах 0,01...0,03 мм. При этих условиях напряжения в оболочке не превышают допустимые значения. Толщину стенки оболочки берут равной $(0,03 \dots 0,05)g$, где g — радиус гильзы. При этом разностенность оболочки не должна превышать 0,05 мм для обеспечения высокой точности

центрирования (в пределах 0,01 мм). Тонкостенная втулка выполняется из сталей марок У7А и 30ХГС.

Для надежного закрепления заготовки гидропластмасса должна быть сжата до определенного давления. Сжатие обеспечивается плунжером от винта, пневмоцилиндра или другого силового привода. Изнутри на оболочку гильзы действует гидростатическое давление p , МПа, а в местах заделки — момент M , Н·мм, и равномерно распределенная поперечная сила Q , Н, направленная к центру. Значение давления рассчитывается по формуле

$$p = P_3 / (2\pi r L \Psi) + \Delta E S j / (r^2 \gamma).$$

Здесь сила, действующая на поверхностях сопряжения втулка — базовая поверхность заготовки, определяется действующим на заготовку моментом M или силой P :

$$P_3 = kM / (rf); \quad P_3 = kP / f;$$

r — радиус наружной поверхности гильзы; L — длина тонкостенной части гильзы (втулок) без буртиков; Ψ — коэффициент, зависящий от относительных толщины S/r и длины L/r оболочки (табл. 4.1); Δ — наибольший радиальный зазор между поверхностями гильзы и заготовки; E — модуль упругости материала гильзы; S — толщина тонкой стенки — оболочки гильзы; j — коэффициент, равный 1,042... 1,082; γ — коэффициент, определяемый по эмпирическим зависимостям его от угла прогиба α тонкой стенки; k — коэффициент запаса; f — коэффициент трения на поверхностях сопряжения.

Таблица 4.1. Значение коэффициента Ψ

Относительная толщина оболочки S/r	Относительная длина оболочки L/r								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,03	0,54	0,60	0,69	0,82	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93
0,04	0,53	0,57	0,63	0,78	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93
0,05	0,56	0,58	0,60	0,73	0,83	0,86	0,86	0,90	0,91
0,06	0,53	0,55	0,59	0,71	0,81	0,85	0,87	0,89	0,90

При изменении угла α в пределах 2... 8° коэффициент $\gamma = 0,8... 1,1$. При этом $\alpha = kL/2$, где $k = 1,2... 1,5$ — коэффициент запаса.

Коэффициент j определяется из формулы $1/j = 0,85 + 0,15(r_1^2/r)$, где r_1 — радиус внутренней поверхности гильзы.

Приведенная формула давления пригодна для расчета длинных и коротких гильз (штуков). Ее первое слагаемое представляет собой давление, необходимое для передачи момента M и осевой силы P , действующей на заготовку, а второе слагаемое — давление, требуемое для деформации гильзы в целях выборки зазора Δ .

Если устройство с гидропластмассой используется для центрирования в контрольных приспособлениях, то при расчете давления p берут только второе слагаемое из его формулы. Гильза (штука) по принятым размерам проверяется на прочность.

Мембранные патроны применяются для точного центрирования заготовок по наружной и внутренней цилиндрическим поверхностям. Мембранный патрон состоит из круглой привертываемой к планшайбе мембраны 1 (рис. 4.36, а) с симметрично расположенными кулачками 2, число которых $n = 6 \dots 12$. Внутри шпинделя станка проходит шток 4 пневмоцилиндра, который при движении вперед прогибает мембрану 1 и раздвигает кулачки 2. При обратном ходе штока 4 мембрана 1, выпрямляясь, сжимает кулачками 2 заготовку 3. При откреплении заготовки шток раздвигает кулачки (рис. 4.36, б).

Материалами для мембраны является сталь марок 65Г, 30ХГС и У7А, закаленная до твердости 40 ... 45 HRC. Конструкции и основные параметры мембранных патронов стандартизованы.

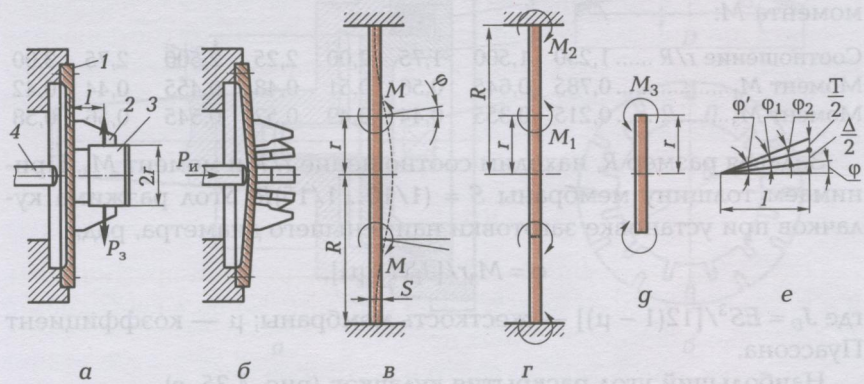


Рис. 4.36. Мембранный патрон:

а — схема патрона с зажатой заготовкой; б — схема раскрытого патрона; в—д — схемы для расчета мембранного патрона; е — схема определения угла ϕ ; 1 — мембрана; 2 — кулачки; 3 — заготовка; 4 — шток

Мембранные патроны обеспечивают точность центрирования 0,003...0,005 мм, для чего кулачки должны шлифоваться по внутреннему диаметру на месте в установленном на станке патроне.

При силовом расчете мембрана рассматривается как круглая заделанная по контуру пластина, испытывающая воздействие изгибающего момента, равномерно распределенного по окружности кулачков радиусом r . Исходными данными для расчета патрона являются момент резания $M_{рез}$, стремящийся провернуть заготовку в кулачках; диаметр базовой поверхности заготовки, равный $2r$; расстояние l от середины кулачков до средней плоскости мембраны. Приняв число кулачков n , коэффициент трения между заготовкой и кулачками $f = 0,15...0,18$ и рассчитав коэффициент запаса k в зависимости от условий обработки, можно определить силу зажима на одном кулачке:

$$P_3 = kM_{рез}/(nfr).$$

Тогда момент, изгибающий мембрану при достаточно большом числе кулачков,

$$M = P_3nl/(2\pi r).$$

Результирующая расчетная схема для момента M показана на рис. 4.36, в. Пренебрегая растяжением и сжатием срединной плоскости мембраны, можно принять момент $M = M_1 + M_3$, т.е. считать результатом наложения двух типовых расчетных схем (рис. 4.36, г, г).

Для разных соотношений r/R (где R — радиус мембраны до заделки) составляющие M_1 и M_3 имеют следующие значения в долях момента M :

Соотношение r/R	1,250	1,500	1,75	2,00	2,25	2,500	2,75	3,00
Момент M_1	0,785	0,645	0,56	0,51	0,48	0,455	0,44	0,42
Момент M_3	0,215	0,355	0,44	0,49	0,52	0,545	0,56	0,58

Задавая размер R , находим соотношение r/R и момент M_3 . Принимаем толщину мембраны $S = (1/10...1/15)R$. Угол разжима кулачков при установке заготовки наименьшего диаметра, рад,

$$\varphi = M_3r/[J_D(1 + \mu)],$$

где $J_D = ES^3/[12(1 - \mu)]$ — жесткость мембраны; μ — коэффициент Пуассона.

Наибольший угол раскрытия кулачков (рис. 4.35, е)

$$\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2 \approx \varphi + \angle T/(2l) + \Delta_{\text{гир}}/(2l),$$

где φ_1 — дополнительный угол, учитывающий допуск T на диаметр заготовки; φ_2 — угол раскрытия, учитывающий радиальный

гарантированный зазор при установке заготовки $\Delta_{\text{гар}} = (0,0008r + + 0,02)$ мм.

Сила на штоке, необходимая для разжима мембраны на угол φ' , определяется по формуле

$$P_{\text{и}} = 4\pi J_D \varphi' / [2,3 \lg(R/r)].$$

По значению силы $P_{\text{и}}$ проверяется напряжение σ , МПа, в мембране:

$$\sigma = \{[3P_{\text{и}}(1 + \mu)] / (2\pi S^2)\} [\ln(R/r) + r^2 / (4R^2)],$$

где r — радиус круга контакта штока и мембраны, составляющий 3...5 мм.

Оправки и патроны с тарельчатыми (пластинчатыми) пружинами, применяемые для установки заготовок по внутренним или наружным поверхностям, обеспечивают их прочное закрепление и точное центрирование в пределах 0,01...0,02 мм. Высокая точность центрирования обеспечивается шлифованием наружной поверхности предварительно сжатых пружин.

На рис. 4.37, а показана консольная оправка, используемая для закрепления заготовки 2 по внутренней цилиндрической поверхности. Втулка 4, установленная в корпусе 1 оправки, затягивается винтом 5. При выполнении закрепления заготовки осевые силы

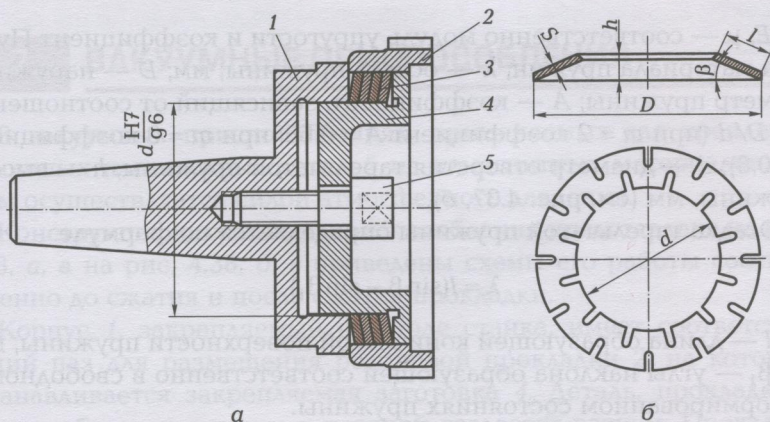


Рис. 4.37. Консольная оправка с пластинчатыми (тарельчатыми) пружинами:

а — эскиз оправки с заготовкой, закрепленной по внутренней цилиндрической поверхности; б — тарельчатая пружина; 1 — корпус; 2 — заготовка; 3 — пружина; 4 — втулка; 5 — винт

вызывают сплющивание тарельчатых пружин 3 и их частичное распределение, что увеличивает наружный диаметр этих пружин на 0,1...0,4 мм в зависимости от их размеров.

Тарельчатые пружины (рис. 4.37, б) изготавливаются из пружинной стали марки 60С2А, термически обработанной до твердости 40...45 HRC. Толщина S пружины составляет 0,50...1,25 мм. При отжати винта 5 (см. рис. 4.37, а) пружины 3 возвращаются в исходное положение, а заготовка 2 легко снимается с оправки.

Базовая поверхность заготовки выполняется с точностью не грубее 11-го квалитета. Максимальное сплющивание пружин допускается в пределах 3/4 от их полной высоты.

При установке заготовок с протяженной наружной базовой поверхностью применяются оправки с двумя пакетами симметрично расположенных тарельчатых пружин. Суммарная осевая сила для закрепления заготовки

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2,$$

где P_1 — сила, необходимая для выработки радиального зазора между пружинами и базовой поверхностью заготовки; P_2 — сила закрепления.

Для сплошных тарельчатых пружин (без вырезов) силу P_1 можно определить по формуле

$$P_1 = \{(4ES\lambda)/[(1 - \mu^2)D^2A]\}\{(h - \lambda)[h - (\lambda/2)] + S^2\},$$

где E , μ — соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пружин; λ — осадка пружины, мм; D — наружный диаметр пружины; A — коэффициент, зависящий от соотношения $m = D/d$ (при $m = 2$ коэффициент $A = 0,68$; при $m = 3$ коэффициент $A = 0,8$); d — диаметр отверстия тарельчатой пружины; h — высота пружины, мм (см. рис. 4.37, б).

Осадка тарельчатой пружины определяется по формуле

$$\lambda = l(\sin \beta - \sin \beta_1),$$

где l — длина образующей конической поверхности пружины, мм; β и β_1 — углы наклона образующей соответственно в свободном и деформированном состояниях пружины.

Значение угла β_1 можно найти из соотношения

$$\cos \beta_1 = (D_1 - d_1)/(2l),$$

где D_1 — наибольший диаметр базовой поверхности заготовки, мм; d_1 — диаметр оправки, на которую устанавливаются пружины, мм.

После выборки зазора тарельчатую пружину можно принять за жесткую распорку между оправкой и заготовкой с углом уклона β . Тогда силу P_2 можно найти из соотношения

$$P_2 = P_3 \operatorname{tg} \beta.$$

Равномерно распределенная по окружности радиальная сила закрепления заготовки

$$P_3 = k M_{\text{рез}} / (fR),$$

где k — коэффициент запаса; $M_{\text{рез}}$ — момент резания, действующий на заготовку, Н·мм; f — коэффициент трения; R — радиус базовой поверхности заготовки, мм.

Тогда сила закрепления P_2 , Н:

$$P_2 = k M_{\text{рез}} / (fR \operatorname{tg} \beta).$$

Для тарельчатых пружин, имеющих радиальные прорезы (см. рис. 4.37, б), определять силу P_1 достаточно сложно, поэтому расчет осевой силы P_Σ , Н, выполняется приближенно по формуле

$$P_\Sigma = 1,33 \operatorname{tg} \beta_1 [k M_{\text{рез}} / (fR)].$$

Размеры тарельчатых пружин нормализованы и выбираются по справочным таблицам в соответствии с наибольшим передаваемым моментом $M_{\text{рез}}$.

4.7. ВАКУУМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В вакуумных приспособлениях, применяемых для крепления сплошных плоскостных деталей из немагнитных материалов, зажим осуществляется силой атмосферного давления.

Конструкция вакуумного приспособления представлена на рис. 4.38, а, а на рис. 4.38, б, в приведены схемы его работы соответственно до сжатия и после сжатия прокладки.

Корпус 1, закрепляемый на столе станка, имеет соответствующий паз для размещения резиновой прокладки 2, на которую устанавливается закрепляемая заготовка 4. Деталь, прокладка и корпус образуют камеру, в которой создается вакуум. Прокладка служит для уплотнения камеры станочного приспособления и поддержания устойчивого разрежения в ней. Через штуцер 3 исполнения I или II откачивается воздух. Разрежение в камере создается специальной установкой с вакуум-насосом.

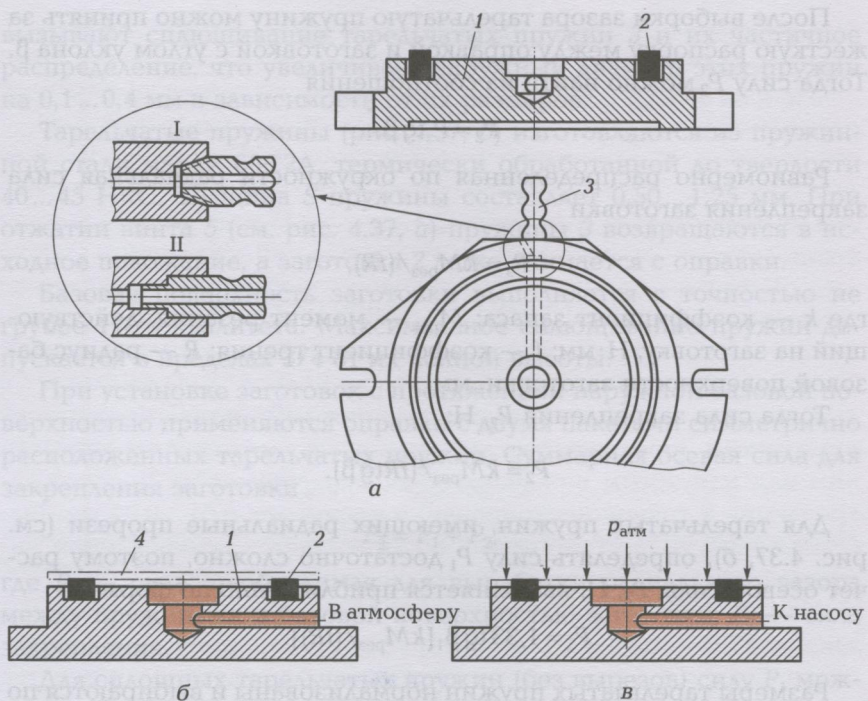


Рис. 4.38. Конструкция (а) и схемы работы вакуумного приспособления до сжатия (б) и после сжатия (в) прокладки:

1 — корпус; 2 — прокладка; 3 — штуцер; 4 — заготовка

Основным рабочим органом вакуумного приспособления является прокладка, размещаемая в пазу корпуса.

Рассмотрим механизм работы вакуумного приспособления. На рис. 4.39, а, б показаны элементы конструкции приспособления, оснащенного круглой прокладкой с прямоугольным сечением, соответственно до сжатия и после сжатия прокладки.

Для закрепления детали из полости приспособления откачивается воздух до остаточного давления $p_{\text{вак}}$. Под действием силы избыточного давления $p_{\text{изб}}$, являющегося разностью между атмосферным давлением $p_{\text{атм}}$ и давлением $p_{\text{вак}}$, возникает усилие зажима, и прокладка сжимается на величину Δh , а профиль и размеры ее поперечного сечения изменяются как показано на рис. 4.39, б. Отношение величины Δh к первоначальной высоте прокладки h называется степенью сжатия прокладки.

Сила зажима детали определяется по формуле

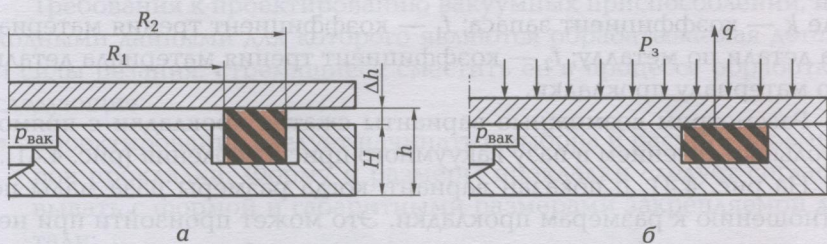


Рис. 4.39. Схемы к расчету вакуумного приспособления с прокладкой до сжатия (а) и после сжатия (б)

$$P_3 = p_{изб} F_{п} \xi - q,$$

где $p_{из}$ — избыточное давление, Па; $F_{п} = \pi(R_2^2 - R_1^2)$ — площадь, ограниченная внутренним контуром прокладки, m^2 ; R_2 — наружный радиус прокладки, м; R_1 — внутренний радиус прокладки, м; ξ — коэффициент герметичности системы, $\xi = 0,80 \dots 0,85$; q — упругая сила сжатой прокладки, Н.

Степень сжатия прокладки по всему периметру в пределах 5...10 % обеспечивает устойчивую работу вакуумного приспособления.

Упругая сила сжатой прокладки увеличивается с ростом степени ее сжатия, размеров поперечного сечения и жесткости материала.

При горизонтальном воздействии сила резания (рис. 4.40) отвечает следующему условию:

$$P_{рез} \leq k P_3 f_1 + q f_2,$$

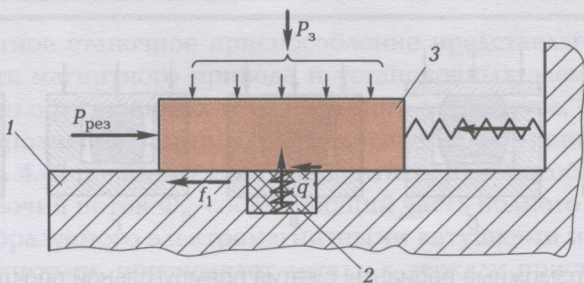


Рис. 4.40. Схема действия горизонтальной силы резания на вакуумное приспособление:

1 — вакуумный стол; 2 — прокладка; 3 — заготовка

где k — коэффициент запаса; f_1 — коэффициент трения материала детали по металлу; f_2 — коэффициент трения материала детали по материалу прокладки.

Рассмотрим возможные варианты сжатия прокладки с прямоугольным сечением в пазу вакуумного приспособления (рис. 4.41).

На рис. 4.41, *а* показан вариант, когда размеры паза малы по отношению к размерам прокладки. Это может произойти при неправильном выборе размера паза или при разбухании прокладки в агрессивных средах. В этом случае прокладка, сжатая силой атмосферного давления, не может разместиться в пазу. Таким образом нарушается базирование детали.

На рис. 4.41, *б* показан неправильный выбор прокладки по материалу и по габаритным размерам. В этом случае тоже нарушается схема базирования изделия.

На рис. 4.41, *в* неправильно выбрана высота паза. При этом степень сжатия прокладки настолько мала, что не обеспечивает уплотнения камеры приспособления.

На рис. 4.41, *г* неправильно выбрана ширина канавки. В этом случае объем сжатой прокладки меньше объема паза. Здесь прокладка работает как уплотнитель, а ее фрикционные свойства не используются.

На рис. 4.41, *д* показан оптимальный вариант, т.е. когда правильно выбраны марка материала прокладки, ее размеры, габаритные размеры паза, а следовательно, обеспечена необходимая степень сжатия прокладки при максимальном заполнении паза материалом прокладки. В этом случае прокладка оказывается не только уплотнителем, но и за счет своих фрикционных свойств обеспечивает дополнительное сопротивление сдвигу детали в вакуумном приспособлении.

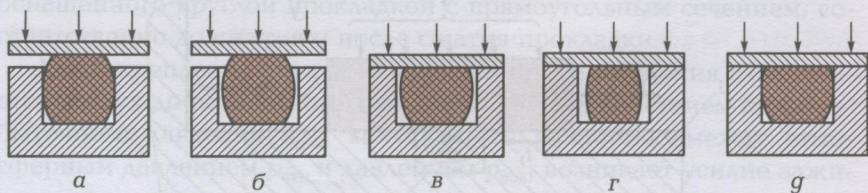


Рис. 4.41. Возможные варианты сжатия прямоугольной прокладки в пазу вакуумного приспособления:

а — малы размеры паза; *б* — неправильно выбрана прокладка; *в* — неправильно выбрана высота паза; *г* — неправильно выбрана ширина канавки; *д* — оптимальный выбор

Требования к проектированию вакуумных приспособлений, исходными данными для которого являются обрабатываемая деталь и силы резания, стремящиеся сместить ее в процессе обработки, следующие:

- проектирование следует начинать с выбора и расчета параметров прокладки. Форму и размеры прокладки следует согласовывать с формой и габаритными размерами закрепляемой детали;
- размеры и форму поперечного сечения прокладки следует назначать с учетом габаритных размеров и жесткости детали. Для небольших и нежестких деталей выбирают легко сжимающиеся профили (круглый, трубчатый) небольших размеров. Для крупногабаритных и жестких деталей применяются прокладки прямоугольного сечения, наиболее простые в изготовлении. Минимальный размер круглых и трубчатых прокладок $d = 5$ мм, а минимальный размер прямоугольных прокладок 4×4 мм;
- материал прокладки должен сохранять свои свойства в условиях вакуума и быть стойким к набуханию;
- степень сжатия прокладки, выбираемая в зависимости от размера и шероховатости опорной поверхности детали, не должна превышать 5...10 % по всему периметру детали. Меньшее значение степени сжатия рекомендуется для прокатанных, точечных и фрезерованных поверхностей, а большее — для поверхностей, получаемых строганием. Степень сжатия меньше 5 % рекомендуется только для деталей, опорная поверхность которых чисто отшлифована.

4.8. МАГНИТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Магнитное станочное приспособление представляет собой совокупность магнитного привода и установочных элементов, конструктивно оформленных в виде единого устройства, обеспечивающего выполнение заданных технологических функций.

На рис. 4.42 показаны схемы магнитных приспособлений, в которых рабочий поток Φ_p , составляющий часть полного магнитного потока, образуемого электромагнитными катушками или постоянными магнитами, притягивает деталь к зеркалу приспособления. Этот поток должен подводиться к рабочему зазору δ по некоторому пути, состоящему из стальных магнитопроводов. Так как магнитный поток непрерывен, то, совершив работу, он должен снова

вернуться к источнику энергии, поскольку магнитная цепь, по которой проходит рабочий поток, должна быть замкнутой.

В схеме на рис. 4.42, а магнитная цепь состоит из источника энергии 5, магнитопровода 3, детали 1 и второго магнитопровода 7. Основание 6 приспособления является частью сердечника электромагнитной катушки, которая разделена в данном случае на две части. Чтобы магнитный поток не миновал рабочий зазор, магнитопроводы 3 и 7 изолированы от корпуса адаптерной плиты 2 приспособления немагнитной прокладкой 4.

В приспособлении, показанном на рис. 4.42, б, источником энергии является постоянный магнит.

Преимуществами магнитных приспособлений по сравнению с другими быстродействующими приспособлениями являются:

- немеханический способ крепления деталей, исключающий приложение сосредоточенной нагрузки;
- равномерное распределение усилия притяжения по всей опорной поверхности;
- их высокая жесткость, обеспечивающая точную обработку;
- широкий доступ к обрабатываемым поверхностям;
- удобный и простой в техническом отношении отвод энергии или полная автономность в действии в случае применения постоянных магнитов;

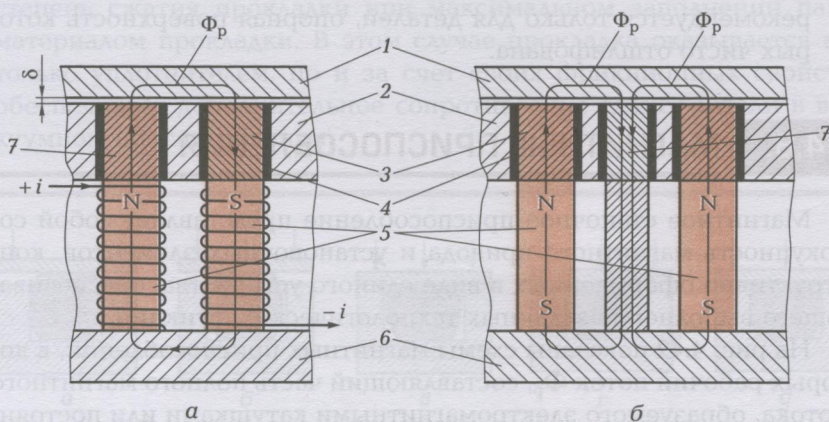


Рис. 4.42. Схемы магнитных приспособлений:

а — электромагнитного; б — на постоянных магнитах; 1 — деталь; 2 — адаптерная плита; 3, 7 — магнитопроводы; 4 — немагнитная прокладка; 5 — источник энергии; 6 — основание

- высокая производительность и удобство управления;
- отсутствие сложных дополнительных устройств, обеспечивающих их работу.

Для работы магнитные приспособления могут использовать либо энергию, которую образует электромагнитная катушка (электромагнитные приспособления), либо энергию постоянных магнитов (приспособления с постоянными магнитами). Приспособления с постоянными магнитами имеют по сравнению с электромагнитными приспособлениями следующие преимущества:

- не требуют наличия источника постоянного тока;
- более надежны в работе;
- их плита более жесткая.

Существуют два типа плит: с постоянными литыми магнитами и с керамическими магнитами, изготавливаемыми методом порошковой металлургии. Плиты с керамическими магнитами дешевле, чем с литыми и дольше сохраняют состояние намагниченности.

По функциональному назначению магнитная технологическая оснастка ограничений не имеет. Она может выполняться в виде плит, патронов, тисков, кондукторов и т.д.

По степени специализации различают магнитные приспособления универсальные, специализированные и специальные.

На рис. 4.43 показана конструкция двухполюсной призмы.

Базирующие элементы такой призмы помимо выполнения своей основной функции могут закреплять детали. Данная призма предназначена не только для базирования деталей типа валиков, но и для закрепления их, так как представляет собой суммирующий переходник к базовому магнитному силовому узлу. Она состоит из рамки 1, в которую на шпонках 2 и 5 вставлены губки 3 и 4. Опорная поверхность каждой губки выполнена в виде гребенки. Зубья гребенки губки 3 соединяются с одним полюсом силового блока, а зубья гребенки губки 4 соединяются с другим полюсом. Магнитные потоки из каждого полюса, попадая в корпуса губок через зубья, суммируются, и далее через рабочий зазор на боковой поверхности поток подводится к валiku, совершая работу притяжения.

На рис. 4.44 показана схема наладки для фрезерования рамки, в которой деталь 4 фрезеруется по контуру. Наладка содержит универсальный магнитный узел 1, основание для наладки — плиту 2, промежуточные элементы 3, выполняющие одновременно роль базирующих, и механические силовые блоки 7. При отключенном

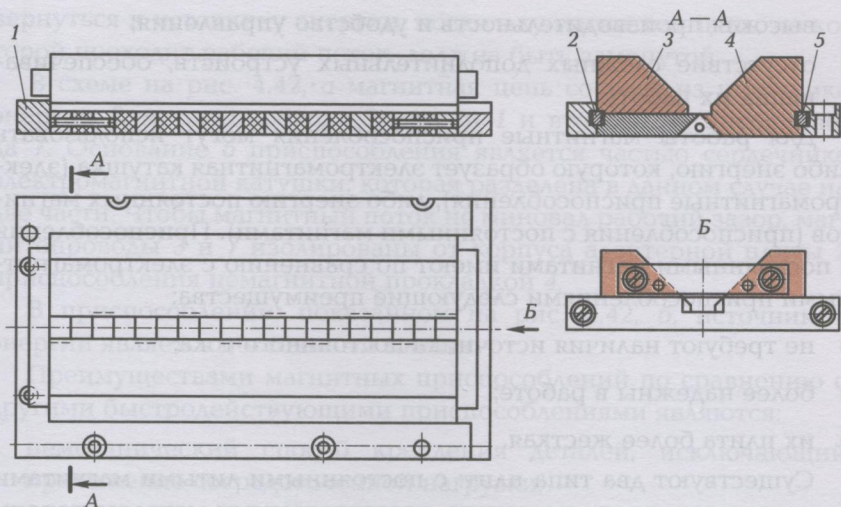


Рис. 4.43. Конструкция двухполюсной призмы:

1 — рамка; 2, 5 — шпонки; 3, 4 — губки

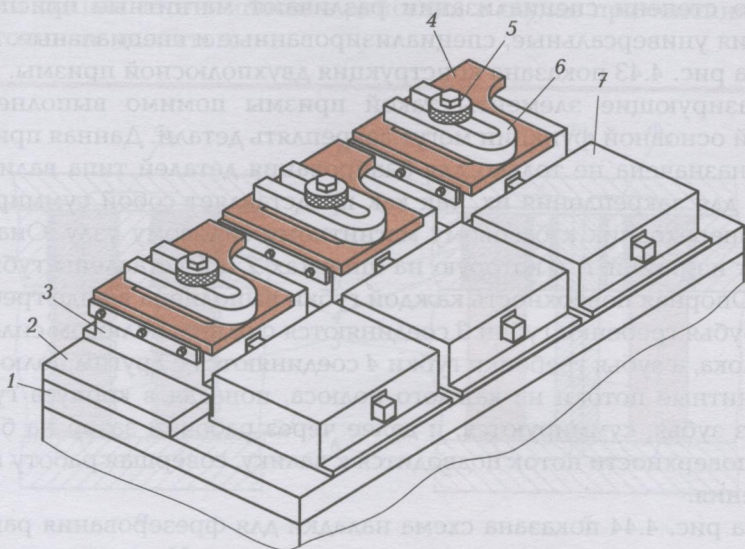


Рис. 4.44. Схема наладки для фрезерования рамки:

1 — магнитный узел; 2 — плита; 3 — промежуточный элемент; 4 — деталь; 5 — болт; 6 — прихват; 7 — механический силовой блок

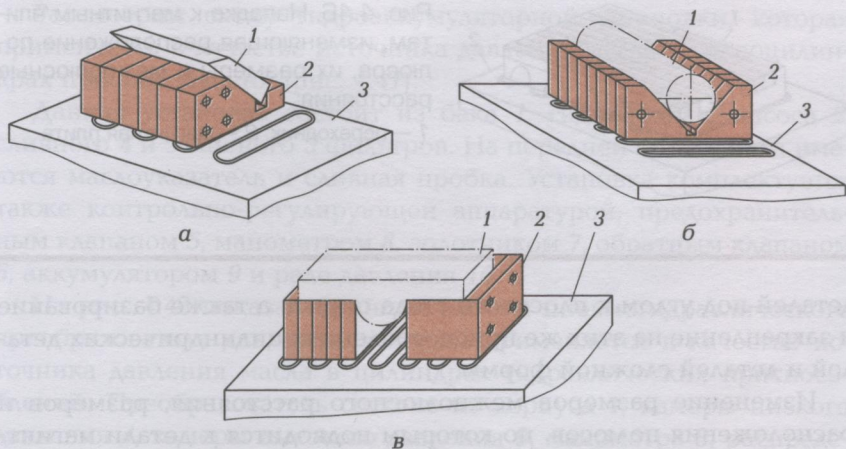


Рис. 4.45. Наладки к магнитным плитам, изменяющие их базовую поверхность:

а — односторонняя призма для плоских деталей; *б* — призма для деталей типа валов и втулок; *в* — кубики для деталей с выступом; 1 — деталь; 2 — переходник; 3 — магнитная плита

магнитном силовом узле 1 детали устанавливаются по упорам на базирующем промежуточном передающем элементе 3. Затем под болты 5 заводятся быстросъемные прихваты 6 и включается силовой блок. Под действием магнитного поля силового узла 1 механические силовые блоки 7 заставляют свои элементы перемещаться с определенным усилием. Это перемещение через систему рычагов передается болту 5, чем и достигается закрепление деталей. За счет применения магнитных блоков уменьшается число крепежных деталей. Механические силовые блоки 7 приводятся в действие при включении второй части магнитного силового узла.

Используемые в машиностроении магнитные и электромагнитные плиты, имеющие плоскую рабочую поверхность, служат для закрепления деталей с плоской базовой поверхностью, на которой нет никаких выступов. Область применения магнитных плит расширяется применением различных наладок. Такими наладками являются различного рода призмы и кубики, которые либо изменяют базовую поверхность магнитной плиты (рис. 4.45), либо изменяют расположение полюсов и их размеры, а также межполюсные расстояния (рис. 4.46).

Изменение базовой поверхности магнитного приспособления обеспечивает возможность базирования и закрепления плоских

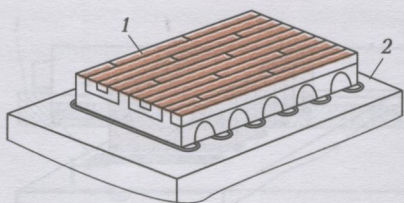


Рис. 4.46. Наладка к магнитным плитам, изменяющая расположение полюсов, их размеры и межполюсные расстояния:

1 — переходник; 2 — магнитная плита

деталей под углом к плоскости стола станка, а также базирование и закрепление на этих же приспособлениях цилиндрических деталей и деталей сложной формы.

Изменение размеров межполюсного расстояния, размеров и расположения полюсов, по которым подводится к детали магнитный поток, позволяет закреплять тонкие, мелкие и узкие детали с таким же усилием, как толстые и крупные.

4.9. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ ДЛЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В качестве источников давления масла в гидравлических цилиндрах станочных приспособлений применяются электрогидравлические установки с аккумуляторами, пневмогидравлические преобразователи давления и механогидравлические (ручные) насосы.

Гидравлический привод состоит из силового гидроцилиндра, насоса, бака, трубопроводов, аппаратуры управления и регулирования.

Гидравлические приводы зажимных механизмов по сравнению с пневматическими имеют следующие преимущества:

- более высокое давление;
- меньшие габаритные размеры при прочих равных условиях;
- обеспечение смазывания трущихся поверхностей маслом из гидросистемы.

Недостатками гидроприводов является:

- сложность гидроустановки и необходимость дополнительной площади для ее размещения;
- большая стоимость гидроустановки.

Рассмотрим схему гидроаккумуляторной установки, которая применяется в качестве источника давления масла в гидроцилиндрах приспособлений (рис. 4.47).

Данная установка состоит из бака 1, гидропанели, насоса 2, сливного 4 и заливного 3 фильтров. На передней стенке бака имеются маслоуказатель и сливная пробка. Установка комплектуется также контрольно-регулирующей аппаратурой, предохранительным клапаном 5, манометром 8, золотником 7, обратным клапаном 6, аккумулятором 9 и реле давления 10.

На рис. 4.48 показан принцип работы пневмогидравлического преобразователя давления, который применяется в качестве источника давления масла в цилиндрах гидравлических приспособлений. Преобразователь состоит из корпуса 1, камеры низкого давления 4, камеры высокого давления 9, манометра 8, распределительного крана 3, выхлопного фильтра 5. Подача масла в гидроцилиндры осуществляется через штуцер 7. Обратный ход производится подачей воздуха в камеру 2 через штуцер 6. Управление работой пневмогидравлического преобразователя осуществляется распределительным краном 3. Три положения рукоятки этого крана соответствуют предварительному (II), окончательному (III) зажимам заготовки и ее отжиму (I).

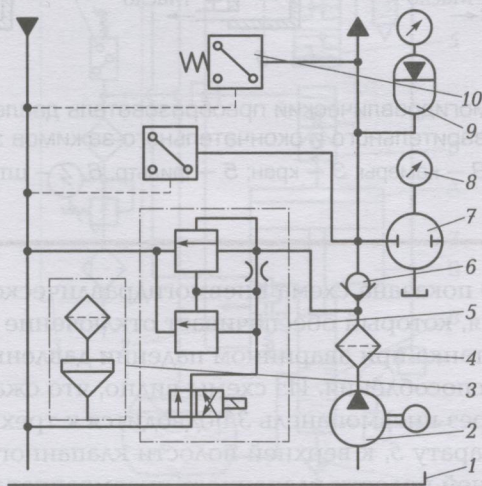


Рис. 4.47. Схема гидроаккумуляторной установки:

1 — бак; 2 — насос; 3 — заливной фильтр; 4 — сливной фильтр; 5 — предохранительный клапан; 6 — обратный клапан; 7 — золотник; 8 — манометр; 9 — аккумулятор; 10 — реле давления

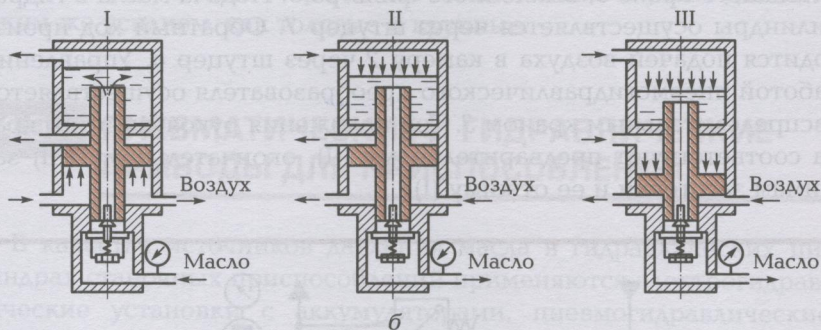
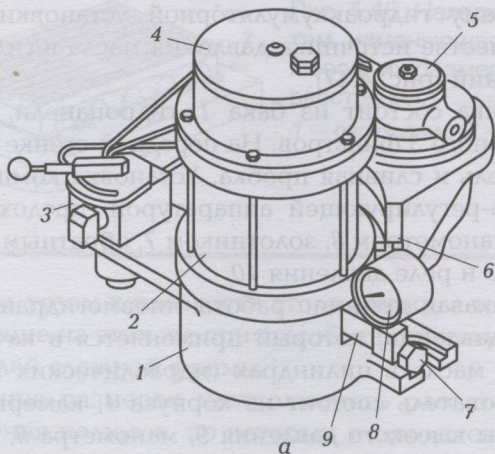


Рис. 4.48. Пневмогидравлический преобразователь давления (а) и схемы (б) отжима предварительного и окончательного зажимов заготовок:

1 — корпус; 2, 4, 9 — камеры; 3 — кран; 5 — фильтр; 6, 7 — штуцеры; 8 — манометр

На рис. 4.49 показана схема пневмогидравлического преобразователя давления, который обеспечивает отключение главного электродвигателя станка при аварийном падении давления масла в гидросистеме приспособления. Из схемы видно, что сжатый воздух из пневмосети через пневмопанель 3 подводится к трехпозиционному крановому аппарату 5, к верхней полости клапанного пневмоаппарата 6 и к нижней полости клапанного пневмоаппарата 2. Реле давления 4 настраивают таким образом, чтобы оно срабатывало при падении рабочего давления воздуха ниже 0,03...0,06 МПа.

При повороте рукоятки кранового аппарата 5 в положение разжима (показано на схеме) воздух поступает в штоковую полость Б

пневмоцилиндра 7, пневмогидропреобразователь и нерабочую полость гидроцилиндров приспособления. При этом поршень пневмоцилиндра 7 перемещается вверх и масло из гидроцилиндров приспособления под действием давления сжатого воздуха на поршни цилиндров вытесняется через полость В гидроцилиндра преобразователя в пневмогидровытеснитель 1.

При переключении рукоятки кранового аппарата 5 в положение предварительного зажима сжатый воздух поступает в полость пневмогидровытеснителя 1. Под действием давления сжатого воздуха масло из пневмогидровытеснителя поступает через полость В в гидроцилиндры приспособления, при этом зажимные элементы быстро подводятся к заготовке и предварительно закрепляют ее.

При переключении кранового аппарата 5 в положение окончательного зажима сжатый воздух поступает через клапанный пневмоаппарат 6 в полость А пневмоцилиндра преобразователя и в верхнюю полость пневмогидровытеснителя 1, а штоковая полость Б соединяется с окружающей средой. Под действием давления сжатого воздуха поршень пневмогидропреобразователя перемещается вниз.

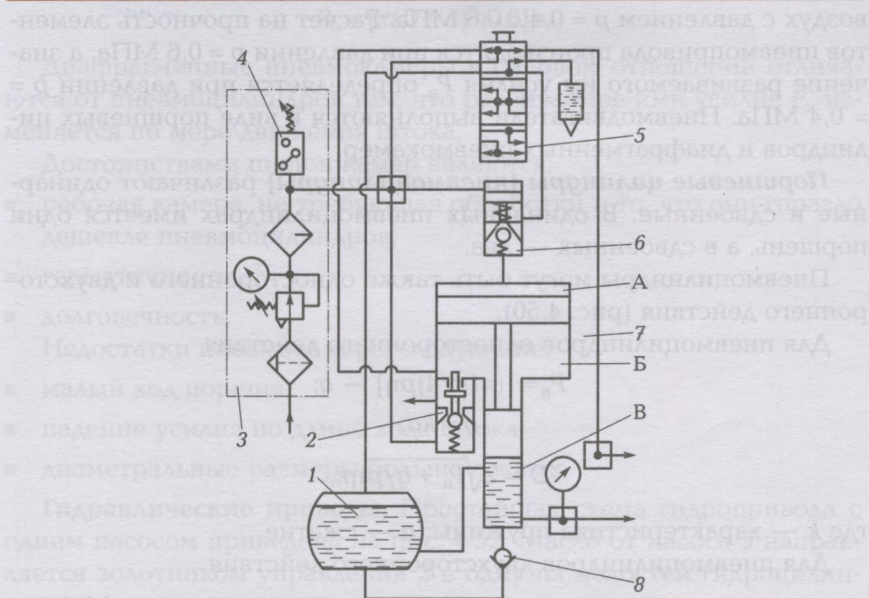


Рис. 4.49. Схема пневмогидравлического преобразователя давления:
1 — пневмогидровытеснитель; 2, 6 — пневмоаппарат; 3 — пневмопанель; 4 — реле давления; 5 — крановый аппарат; 7 — пневмоцилиндр; 8 — обратный клапан

После того как шток поршня перекроет отверстие, соединяющее полость В гидроцилиндра преобразователя с пневмогидротеснителем 1, давление масла в замкнутой гидросистеме приспособления повысится до максимального рабочего и заготовка закрепится окончательно.

При аварийном падении масла в замкнутой гидросистеме (в результате износа обратного клапана 8, повреждения гидравлических трубопроводов или большой утечки масла в местах присоединения трубопроводов и т.д.) поршень преобразователя под действием давления масла будет опускаться. Не дойдя до крайнего нижнего положения 7 ... 10 мм, поршень нажмет на клапан пневмоаппарата 2, в результате чего напорная магистраль сжатого воздуха соединится с окружающей средой, что приведет к падению давления сжатого воздуха, и реле давления отключит электродвигатель станка. При этом клапанный аппарат перекроет выход воздуха из полости А и поршень продолжит перемещение вниз, поддерживая давление гидросистемы до полной остановки станка.

Пневматические приводы. Пневматический привод состоит из пневмодвигателя, воздухопроводов и пневматической аппаратуры различного назначения. Энергоносителем здесь является сжатый воздух с давлением $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа. Расчет на прочность элементов пневмопривода производится при давлении $p = 0,6$ МПа, а значение развиваемого им усилия $P_{\text{и}}$ определяется при давлении $p = 0,4$ МПа. Пневмодвигатели выполняются в виде поршневых цилиндров и диафрагменных пневмокамер.

Поршневые цилиндры (пнеumoцилиндры) различают одинарные и сдвоенные. В одинарных пневмоцилиндрах имеется один поршень, а в сдвоенных — два.

Пневмоцилиндры могут быть также одностороннего и двухстороннего действия (рис. 4.50).

Для пневмоцилиндров одностороннего действия

$$P_{\text{и}} = [(\pi D^2/4)p\eta] - q;$$

$$q = ka;$$

$$D = 2\sqrt{P_{\text{и}} + q/p\eta\pi},$$

где k — характеристика пружины; a — сжатие.

Для пневмоцилиндров двухстороннего действия

$$P_{\text{и}}^{\text{I}} = (\pi D^2/4)p\eta;$$

$$P_{\text{и}}^{\text{II}} = [\pi(D^2 - d^2)/4]p\eta,$$

где $\eta = 0,85$ — КПД; q — сопротивление возвратной пружины.

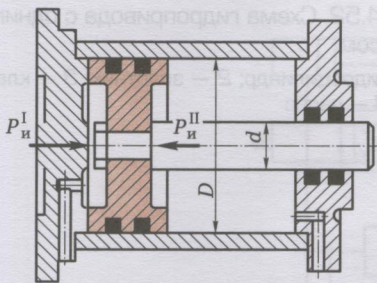


Рис. 4.50. Схема пневмоцилиндра двухстороннего действия

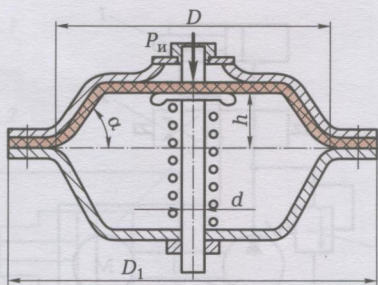


Рис. 4.51. Схема диафрагменной пневмокамеры

Диафрагменные пневмокамеры могут быть разного вида. Схема одного из видов таких камер изображена на рис. 4.51.

Для пневмокамер одностороннего действия

$$P_{и} = [\pi(D + d)^2/16]p - q.$$

Для пневмокамер двухстороннего действия

$$P_{и} = [\pi(D + d)^2/16]p.$$

Диафрагменные пневмокамеры в силовом отношении отличаются от пневмоцилиндров тем, что развиваемое ими усилие $P_{и}$ изменяется по мере движения штока.

Достоинствами пневмокамер являются:

- рабочая камера, не требующая обработки и то, что они гораздо дешевле пневмоцилиндров;
- герметичность;
- долговечность.

Недостатки пневмокамеры следующие:

- малый ход поршня;
- падение усилия по длине хода штока;
- диаметральные размеры больше осевых.

Гидравлические приводы. Простейшая схема гидропривода с одним насосом приведена на рис. 4.52. Масло от насоса 3 направляется золотником управления 2 в одну из полостей гидроцилиндра 1. Масло должно подаваться в систему под рабочим давлением в течение всего времени работы механизма зажима и почти весь его расход (за исключением утечек) должен проходить через переливной клапан 4, настроенный на рабочее давление, что вызывает

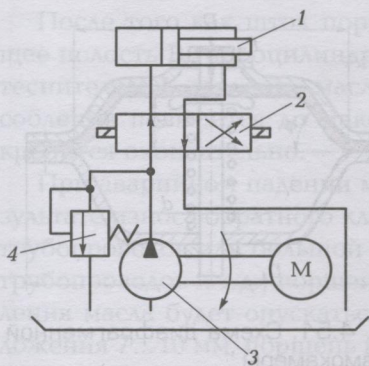


Рис. 4.52. Схема гидропривода с одним насосом:

1 — гидроцилиндр; 2 — золотник; 3 — клапан; 4 — насос

нагрев масла и непроизводительные затраты энергии. Поэтому данный гидропривод целесообразно применять для самотормозящих зажимных элементов, при этом его насос после зажима может отключаться.

Для уменьшения затрат мощности используют гидропривод с двумя насосами (рис. 4.53): насосом 4 низкого давления и большой производительности и насосом 5 высокого давления малой производительности. При холостом ходе масло поступает в цилиндр 1 одновременно от обоих насосов. После замыкания зажима давление в системе увеличивается, напорный золотник 3 отключает насос низкого давления и далее уже работает только насос высокого давления.

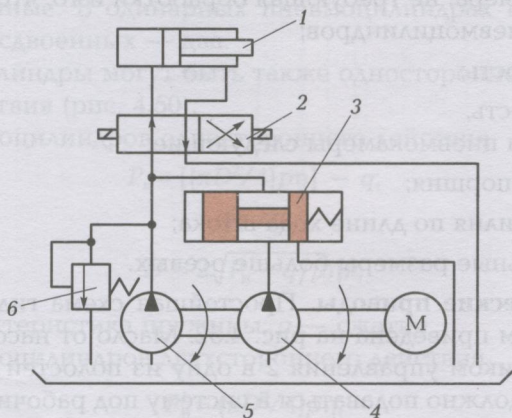


Рис. 4.53. Схема гидропривода с двумя насосами:

1 — цилиндр; 2, 3 — золотники; 4, 5 — насосы

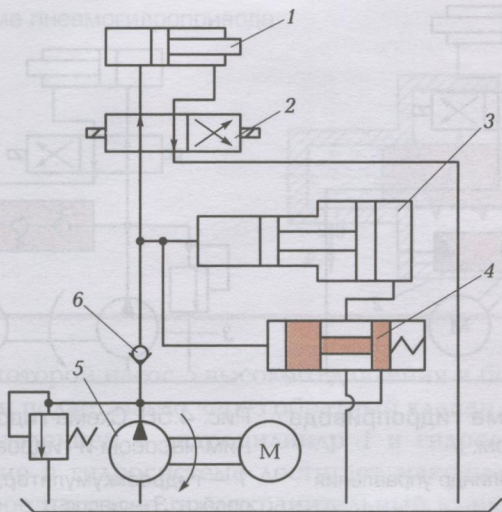


Рис. 4.54. Схема гидропривода с одним насосом и мультипликатором:
1 — цилиндр; 2, 4 — золотники; 3 — мультипликатор; 5 — насос; 6 — обратный клапан

Гидропривод может также иметь только один насос 5 низкого давления в сочетании с мультипликатором 3 (рис. 4.54). В этом случае при повышении давления в системе специальный напорный золотник 4 включает мультипликатор, который благодаря разности площадей поршня и штока-плунжера повышает давление в цилиндре 1, и обратный клапан 6 отключает часть системы с низким давлением. Такое устройство может использоваться в самотормозящих передачах. В несамотормозящих передачах его можно использовать только для кратковременного зажима. В противном случае мультипликатор должен был бы компенсировать большие объемные потери масла, т.е. его габаритные размеры должны были бы сильно возрасти.

Применяется также гидропривод с насосом, автоматически регулирующим производительность по давлению (рис. 4.55). При увеличении давления в системе цилиндр управления 2 уменьшает производительность насоса 1 до значения, необходимого для компенсации объемных утечек.

Гидропривод может также выполняться только с одним насосом 3 высокого давления малой производительности в сочетании с гидроаккумулятором 1 (рис. 4.56). В этой схеме при зажиме масло подается одновременно гидроаккумулятору и насосу, т.е. после зажима насос через клапанную пробку 1 пополняет гидроаккумулятор маслом.

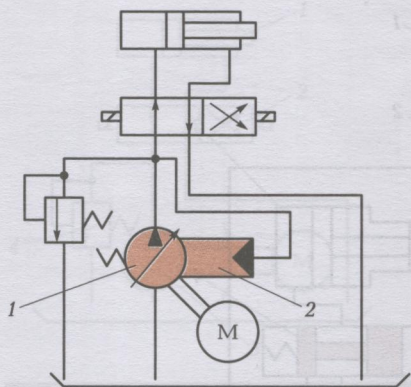


Рис. 4.55. Схема гидропривода с одним насосом:

1 — насос; 2 — цилиндр управления

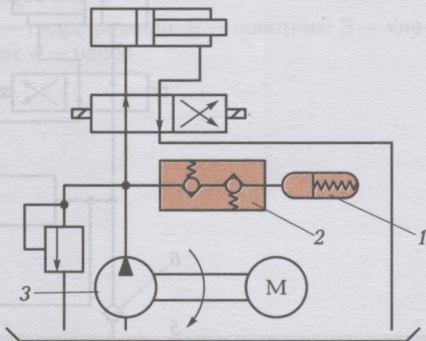


Рис. 4.56. Схема гидропривода с одним насосом и гидроаккумулятором:

1 — гидроаккумулятор; 2 — клапанная пробка; 3 — насос

Производительность насоса должна обеспечивать подзарядку гидроаккумулятора за время зажима, т.е. за время выполнения рабочих операций. Данная схема применяется при сравнительно небольшом времени зажима.

При большой продолжительности рабочих операций используется более сложная схема гидропривода с гидроаккумулятором

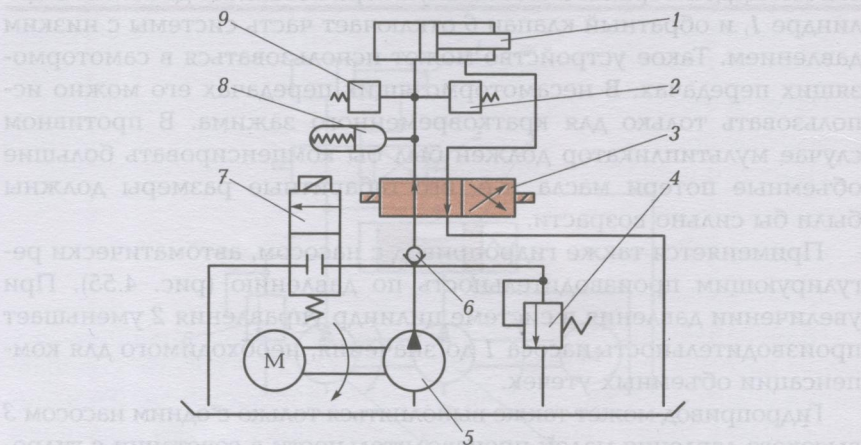
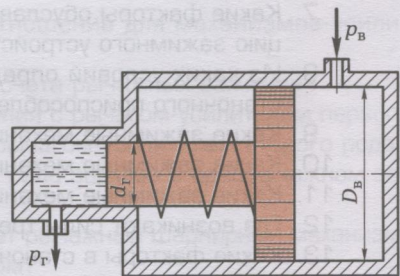


Рис. 4.57. Схема гидропривода с насосом и гидроаккумулятором:

1 — гидроцилиндр; 2, 9 — реле давления; 3 — золотник; 4 — клапан; 5 — насос; 6 — обратный клапан; 7 — предохранительный клапан; 8 — гидроаккумулятор

Рис. 4.58. Схема пневмогидропривода



(рис. 4.57), в которой насос 5 высокого давления и большой производительности подает масло через обратный клапан 6 и золотник 3 с электроуправлением в гидроцилиндр 1 и гидроаккумулятор 8. Когда давление в гидросистеме достигает максимального значения, на которое настроен предохранительный клапан 7, реле давления 9 с помощью золотника 3 переключает поток масла от насоса на слив. При этом давление в системе поддерживается гидроаккумулятором. При падении давления до минимального рабочего срабатывает реле давления 2, переключающее золотник 3, вследствие чего насос снова нагнетает масло в систему и заряжает гидроаккумулятор.

Пневмогидропривод (рис. 4.58). Данный привод состоит из силового гидравлического цилиндра и пневмогидравлического усилителя давления. Причем усилитель давления может быть прямого или последовательного типа.

Принцип работы усилителя прямого действия основан на непосредственном преобразовании низкого давления сжатого воздуха p_v в высокое гидравлическое давление жидкости p_r . Отношение $(D_v/d_r)^2$ называется коэффициентом усиления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие требования предъявляются к зажимным механизмам?
2. На какие группы подразделяются зажимные механизмы?
3. Какова последовательность силового расчета станочных приспособлений?
4. Каким образом определяется необходимое зажимное усилие?
5. Из чего складывается коэффициент надежности закрепления?
6. Как определяется исходное усилие в зажимном механизме?

7. Какие факторы обуславливают принцип действия и конструкцию зажимного устройства?
8. Из каких условий определяют силу закрепления для нового станочного приспособления?
9. Какие зажимные механизмы относятся к первой группе?
10. Какие зажимные механизмы относятся ко второй группе?
11. Какие зажимные механизмы относятся к третьей группе?
12. Где возникают силы трения в станочных приспособлениях?
13. Какие факторы в станочных приспособлениях влияют на коэффициент запаса?
14. Приведите несколько вариантов действия сил резания и сил зажима на обрабатываемую заготовку.
15. Каково соотношение между фактическими силами зажима, создаваемыми зажимными механизмами, и расчетными?
16. В чем отличие простых (элементарных) зажимных устройств от комбинированных?
17. Назовите виды простых (элементарных) зажимных устройств.
18. Назовите виды комбинированных устройств.
19. В чем особенность многозвенных зажимных устройств?
20. В чем принцип действия самотормозящегося клина?
21. От каких факторов зависит соотношение между исходной силой механизированного привода и силой зажима?
22. В чем заключается сущность расчета клиноплунжерных механизмов?
23. В чем состоит отличие трения скольжения от трения качения?
24. Каковы преимущества клиновых и клиноплунжерных механизмов?
25. Назовите достоинства и недостатки винтовых зажимов.
26. От каких факторов зависит сила зажима в винтовом механизме?
27. От каких факторов зависит номинальный диаметр винта?
28. Объясните принцип действия комбинированного зажимного устройства с пневматическим приводом.
29. В чем заключается сущность расчета эксцентриковых механизмов?
30. Назовите виды эксцентриковых зажимов.
31. Какие данные необходимо иметь для расчета основных размеров круглого эксцентрика?
32. Из каких материалов изготавливаются эксцентрики?
33. Какие требования предъявляются к поверхности эксцентриков?
34. Для каких целей предназначены механизмы-усилители?
35. Каким образом классифицируются зажимные механизмы-усилители по принципу действия?

36. Что такое передаточное отношение для механизмов-усилителей?
37. В чем состоит сущность расчета рычажных зажимов?
38. В чем отличие приспособления с рычагом-усилителем первого рода от приспособления с рычагом-усилителем второго рода?
39. От каких факторов зависит сила зажима в однорычажном зажимном механизме?
40. По какому принципу работает рычажный шарнирный механизм-усилитель с пневмоприводом?
41. Поясните принцип работы цангового зажима.
42. От каких факторов зависит число лепестков цанги?
43. Из каких материалов изготавливаются цанги?
44. От каких факторов зависит сила тяги цанги?
45. Для чего предназначены зажимы с гидропластмассой?
46. Каковы принципы силового расчета мембранных механизмов?
47. От каких факторов зависит сила зажима на кулачке мембранного патрона?
48. Из каких составляющих складывается угол раскрытия кулачков в мембранном патроне?
49. Какова конструкция оправок с тарельчатыми пружинами?
50. Из каких материалов изготавливаются тарельчатые пружины?
51. Какое центрирование дают оправки с тарельчатыми пластинами?
52. Для чего применяются вакуумные приспособления?
53. От каких факторов зависит сила зажима в вакуумных приспособлениях?
54. Какие требования предъявляются к проектированию вакуумных приспособлений?
55. Каковы возможные случаи сжатия прокладок вакуумных приспособлений?
56. Для чего служат магнитные приспособления?
57. В чем преимущество магнитных приспособлений?
58. В чем заключается преимущество гидравлических систем по сравнению с пневматическими?
59. Какие различают схемы гидравлических приводов?
60. Поясните принцип работы пневмогидропривода.

II

РАЗДЕЛ

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Глава 5. Приспособления для металлорежущих станков
основных групп

Глава 6. Сборочные и контрольные приспособления

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ ОСНОВНЫХ ГРУПП

5.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Кулачковые патроны. Различают двух-, трех- и четырехкулачковые патроны. Конструкция автоматизированного двухкулачкового патрона показана на рис. 5.1.

Патрон крепится на шпинделе с помощью планшайбы 1, к которой корпус 2 патрона прикреплен четырьмя винтами 15. Ползуны 4, связанные с кулачками патрона, перемещаются в пазах корпуса. Патрон работает от пневмоцилиндра, закрепленного на заднем конце шпинделя. Заготовка зажимается в тот момент, когда ползун 16 перемещается влево, поворачивая рычаги 3 вокруг осей 13 и сдвигая кулачки 8 к центру. Для снятия обработанной детали ползун 14 перемещается вправо. Сменные кулачки 8 предварительно регулируются на заданный размер заготовки вручную винтом 5. В зависимости от размеров и формы заготовки на выступы оснований 6 и 11 устанавливаются сменные кулачки 8, которые прикрепляются винтами 7 и 12. Упоры 17 устанавливаются по размеру заготовки и фиксируются винтами 18, передвигающимися в Т-образных пазах корпуса, и гайками 19. Стержень 9 с помощью шпонок 10 обеспечивает одновременное перемещение кулачков при наладке патрона.

При установке и обработке деталей типа фланцев, втулок, стаканов, коротких валиков применяются **трехкулачковые самоцентрирующие патроны**.

Конструкции патронов (особенно для станков с ЧПУ) должны отвечать следующим требованиям:

- патроны должны иметь базирование, обеспечивающее достаточную точность центрирования. Для обеспечения соосности заготовки и шпинделя станка в процессе обработки требуется не только стабильная точность центрирования заготовки, но и достаточная жесткость узлов патрона;

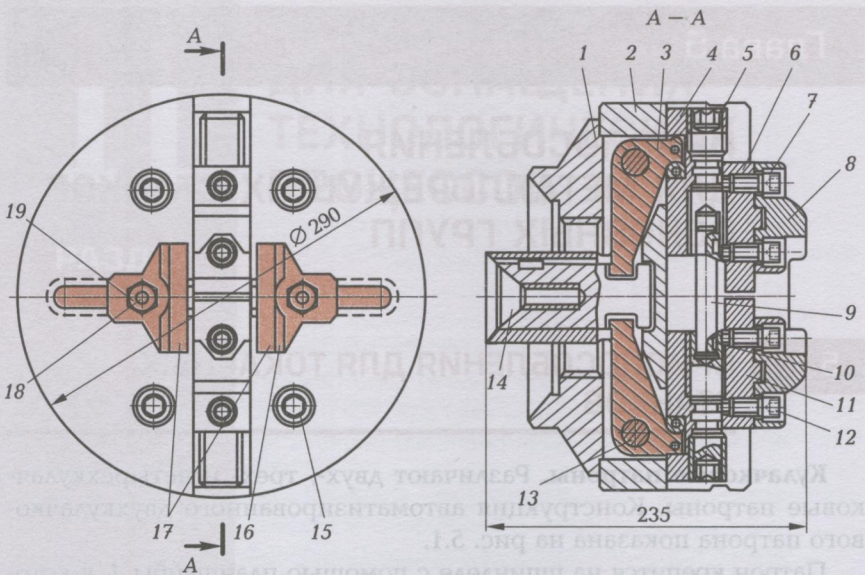


Рис. 5.1. Конструкция автоматизированного двухкулачкового патрона:

1 — планшайба; 2 — корпус; 3 — рычаг; 4, 14, 16 — ползуны; 5 — регулировочный винт; 6, 11 — основания; 7, 12, 15, 18 — винты; 8 — сменный кулачок; 9 — стержень; 10 — шпонка; 13 — ось; 17 — упоры; 19 — гайка

- сила зажима в патроне должна гарантировать в процессе обработки неизменное положение заготовки, достигнутое в процессе базирования, и препятствовать ее повороту и смещению под действием моментов и сил резания;
- при больших частотах оборотов шпинделя (которые могут достигать $6\,000\text{ мин}^{-1}$) в патронах необходимо предусматривать снижение или даже исключение центробежных сил, действующих на кулачки и влияющих на силу зажима заготовок;
- патроны должны иметь достаточный размер центрального отверстия для обеспечения возможности обработки в одном и том же патроне и штучных, и прутковых заготовок, а также возможности установки в одном патроне заготовок различной конфигурации;
- для возможности быстрого перехода с изготовления одного изделия на изготовление другого изделия должно обеспечиваться минимальное время, необходимое для смены, установки и съема заготовок, для переналадки и замены кулачков, для смены

патронов и переналадки станка с патронных на центровые работы.

Компенсация центробежной силы. Рассмотрим конструкцию **токарного самоцентрирующего клинового патрона** (рис. 5.2).

Этот патрон предназначен для центрирования и закрепления заготовок на токарных станках при больших частотах вращения шпинделя. В патроне имеется компенсация центробежных сил кулачков. Расположение грузов-компенсаторов 1, соединенных рычагом 3 с основными кулачками 4 в специальных углублениях корпуса 2, обеспечивает высокую жесткость патрона и высокую точность обработки. Частота вращения такого патрона достигает $4\,000\text{ мин}^{-1}$, его сила зажима — $6\,000\text{ Н}$, диаметр зажимаемых заготовок — $15\ldots 240\text{ мм}$.

Динамическая сила зажима заготовок, H , определяется по формуле

$$P_{з, \text{дин}} = P_{з, \text{ст}} \pm P_{ц},$$

Здесь $P_{з, \text{ст}}$ — статическая сила зажима заготовки, H , а центробежная сила, H (знак « $-$ » относится к заготовке, зажимаемой по

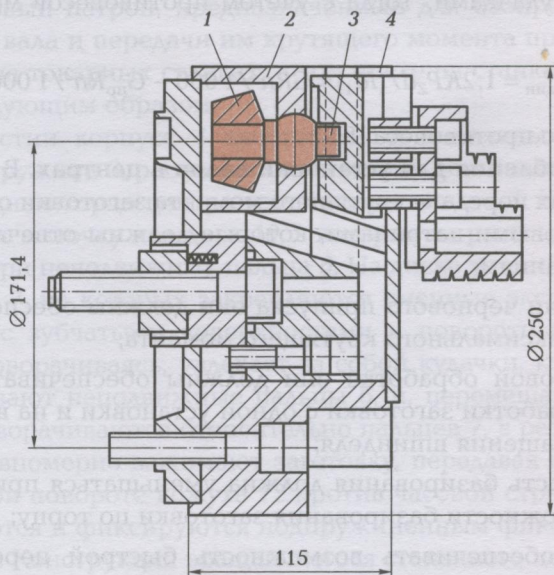


Рис. 5.2. Конструкция токарного самоцентрирующего клинового патрона:
1 — груз-компенсатор; 2 — корпус; 3 — рычаг; 4 — кулачок

наружной поверхности, а знак «+» — по внутренней), определяется по формуле

$$P_{ц} = mR\omega^2 = GR\omega^2/g = 0,102GR[(\pi n)/30]^2,$$

где m — масса кулачков, кг; R — радиус от оси вращения патрона до центра тяжести кулачка, м; ω — скорость вращения, рад/с; G — вес кулачков, Н; g — ускорение свободного падения, м/с²; n — частота вращения шпинделя, с⁻¹.

Записав центробежную силу в виде

$$P_{ц} = GRn^2/1\,000,$$

получим

$$P_{з.дин} = 1,2KP_Zd/(fd_1) \pm GRn^2/1\,000,$$

где 1,2 — коэффициент, учитывающий влияние радиальной и осевой составляющих сил резания; K — коэффициент надежности, $K = 2,0 \dots 2,5$; P_Z — главная составляющая силы резания; d — диаметр обрабатываемой поверхности, м; f — коэффициент трения; d_1 — диаметр заготовки в месте зажима ее кулачками, м.

Из анализа указанных формул видно, что уменьшения влияния центробежных сил на силу зажима можно достигнуть уменьшением массы кулачков и встраиванием противовесов, соединенных рычагом с кулачками. Тогда с учетом противовесов можно записать

$$P_{з.дин} = 1,2KP_Zd/(fd_1) \pm GRn^2/1\,000 - G_{пр}Rn^2/1\,000,$$

где $G_{пр}$ — вес противовеса, Н.

Приспособления для установки валов в центрах. В таких приспособлениях передача крутящего момента заготовки осуществляется поводковыми патронами, которые должны отвечать следующим требованиям:

- при снятии чернового припуска они должны обеспечивать передачу максимального крутящего момента;
- при чистовой обработке они должны обеспечивать возможность обработки заготовки с одной установки и на высоких частотах вращения шпинделя;
- погрешность базирования должна уменьшаться при обеспечении возможности базирования заготовки по торцу;
- должны обеспечивать возможность быстрой переналадки с центровкой на патронную обработку.

Конструкция универсального поводкового патрона изображена на рис. 5.3.

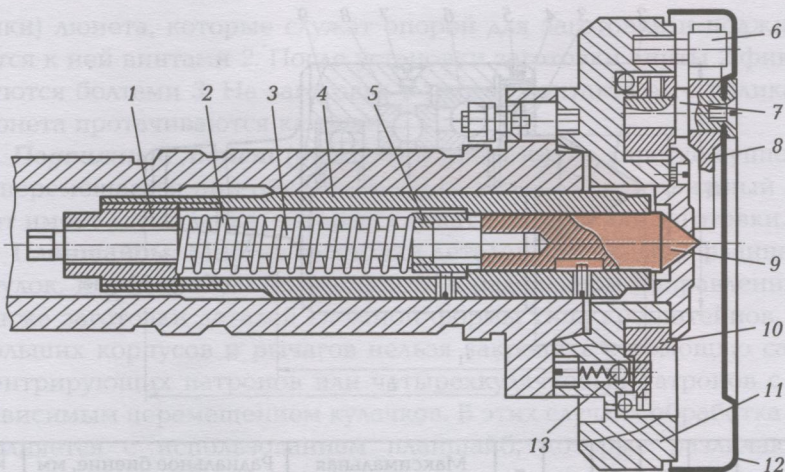


Рис. 5.3. Конструкция универсального поводкового патрона:

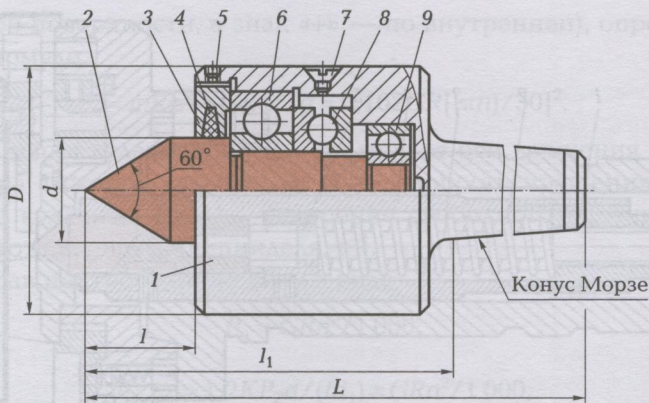
1, 5 — резьбовые втулки; 2 — пружина; 3 — штанга; 4 — корпус хвостовика; 6 — неподвижный палец; 7 — палец для крепления кулачка; 8 — сменный эксцентриковый кулачок; 9 — плавающий центр; 10 — диск; 11 — корпус патрона; 12 — поворотный кожух; 13 — фиксатор

Поводковый патрон, предназначенный для базирования заготовок типа вала и передачи им крутящего момента при обработке в центрах на токарных станках, в том числе на станках с ЧПУ, работает следующим образом.

В отверстии корпуса 4 хвостовика установлены плавающий центр 9 и пружина 2, расположенная между резьбовыми втулками 1 и 5. В заднем торце центра установлена штанга 3. Корпус 11 патрона имеет выточку под диск 10, в котором на расстоянии 120° закреплены три неподвижных пальца 6. На диске установлены также три пальца 7, на которых закрепляются сменные эксцентриковые кулачки 8 с зубчатыми поверхностями и поворотный кожух 12. Диск 10, поворачиваясь, увлекает за собой кулачки, которые пазами охватывают неподвижные пальцы 6, и, перемещаясь вместе с диском, поворачиваются относительно пальцев 7, в результате чего кулачки равномерно зажимают заготовку, передавая ей крутящий момент. При повороте кожуха 12 против часовой стрелки кулачки раскрываются и фиксируются подпружиненным фиксатором 13.

Центры. Конструкция вращающегося станочного центра с конусами Морзе № 2 и 3 нормальной серии представлена на рис. 5.4.

Такие центры предназначены для крепления и центрирования деталей при обработке на металлорежущих станках класса точно-



Конус Морзе	D , мм	L , мм	d , мм	l , мм	l_1 , мм	Максимальная частота вращения центрального валика, мин ⁻¹	Радиальное биение, мм		Масса, кг
							конуса центрального валика	конца хвостовика	
2	50	157	22	24	84	2 000	12	30	0,74
3	60	180	25	26	93				1,32

Рис. 5.4. Конструкция центра нормальной серии с конусом Морзе № 2 и 3:
1 — корпус; 2 — шпиндель; 3 — гайка; 4 — кольцо; 5 — стопорный винт; 6, 8, 9 — подшипники; 7 — винт

сти Н (нормальной точности). Центр состоит из корпуса 1 и шпинделя 2, установленного в головке корпуса на двух радиальных подшипниках 6 и 9, воспринимающих радиальные нагрузки, и одного упорного шарикоподшипника 8, воспринимающего осевые нагрузки. Поджим подшипников производится гайкой 3, в полости которой установлено войлочное кольцо 4, предохраняющее подшипники от загрязнений и удерживающее смазочный материал. Гайка 3 фиксируется стопорным винтом 5. Смазывание подшипников осуществляется через резьбовое отверстие, закрываемое винтом 7.

Люнеты. Это устройства, применяемые в качестве дополнительной опоры при закреплении заготовок, у которых длина выступающей из патрона части составляет 12—15 диаметров и более. Люнеты подразделяются на неподвижные и подвижные (рис. 5.5).

Неподвижный люнет (рис. 5.5, а) устанавливается на направляющих станины станка и крепится планкой 5 с помощью болта и гайки 6. Верхняя часть 1 неподвижного люнета откидная, что позволяет снимать и устанавливать заготовки на кулачки 4 (или ро-

лики) люнета, которые служат опорой для заготовки и поджимаются к ней винтами 2. После установки заготовки винты 2 фиксируются болтами 3. На заготовке в местах контакта ее с роликами люнета протачиваются канавки.

Подвижный люнет (рис. 5.5, б) крепится на каретке суппорта и перемещается при обработке вдоль заготовки. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки.

Планшайбы. Многие заготовки деталей типа колец, фланцев и втулок, имеющие малую жесткость в радиальном направлении, а также заготовки деталей сложной формы типа кронштейнов, небольших корпусов и рычагов нельзя закрепить с помощью самоцентрирующих патронов или четырехкулачковых патронов с независимым перемещением кулачков. В этих случаях обработка выполняется с использованием планшайб, которые различаются конструкцией, наружным диаметром, числом пазов для крепления наладок, размерами и расположением центрирующих элементов.

На рис. 5.6 представлена конструкция унифицированной переналаживаемой токарной планшайбы многократного применения, предназначенной для обработки мелких и средних заготовок. Планшайба состоит из диска, который навинчивается на шпиндель станка, и дополнительного диска 1, прикрепленного к корпусу болтами. Три прихвата 2 передвигаются по пазам дополнитель-

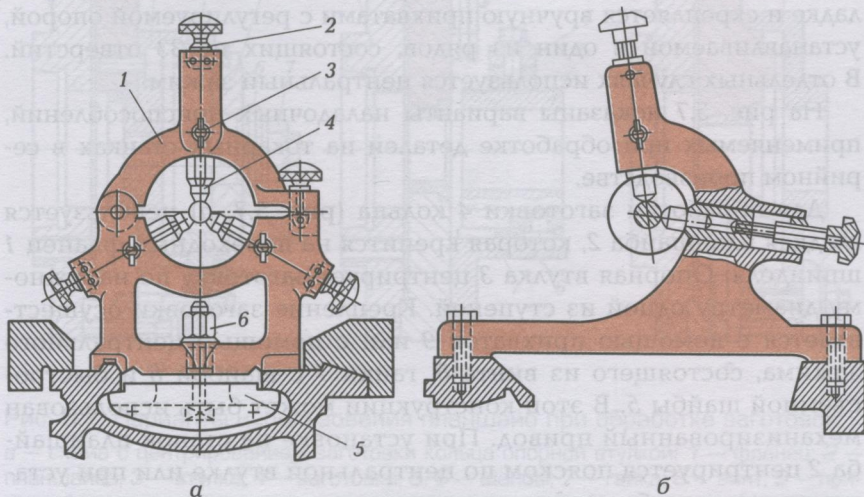


Рис. 5.5. Конструкции неподвижного (а) и подвижного (б) люнетов:
1 — откидная часть; 2 — винт; 3 — болт; 4 — кулачки; 5 — планка; 6 — гайка

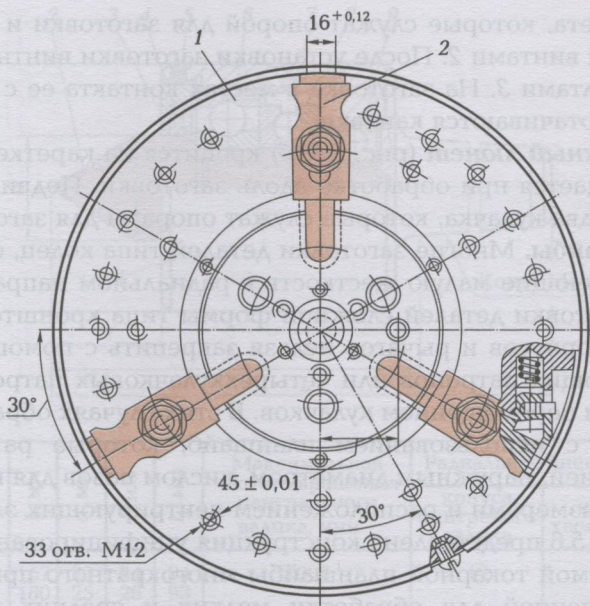


Рис. 5.6. Конструкция унифицированной токарной планшайбы:

1 — дополнительный диск; 2 — прихват

ного диска 1 на сухарях. Заготовка располагается на сменной наладке и скрепляется вручную прихватами с регулируемой опорой, устанавливаемой в один из рядов, состоящих из 33 отверстий. В отдельных случаях используется центральный зажим.

На рис. 5.7 показаны варианты наладочных приспособлений, применяемых при обработке деталей на токарных станках в серийном производстве.

Для обработки заготовки 4 кольца (рис. 5.7, а) используется гладкая планшайба 2, которая крепится на переходный фланец 1 шпинделя. Опорная втулка 3 центрирует заготовку по наружному диаметру одной из ступеней. Крепление заготовки осуществляется с помощью прихватов 9 или с помощью центрального зажима, состоящего из винта 8, гайки 7 с шайбой 6 и быстро-съемной шайбы 5. В этой конструкции может быть использован механизированный привод. При установке на станок планшайба 2 центрируется пояском по центральной втулке или при установке приспособления на станок выверяется с помощью индикатора по контрольному пояску, обработанному с одной установ-ки.

Вариант крепления кронштейна на угольнике при растачивании отверстия приведен на рис. 5.7, б. На планшайбе 2, сцентрированной пояском на переходном фланце 1 шпинделя, расположен угольник 7 с закаленной опорной пластиной 6 и двумя установочными штифтами. Заготовка 5 кронштейна крепится на угольнике откидной планкой 4. Внецентренная установка на планшайбе угольника с заготовкой и механизмом ее крепления создает значительную неуравновешенность, которая влияет на точность обработки и долговечность шпиндельного узла и устраняется с помощью противовеса 3.

На рис. 5.7, в показано применение планшайбы 2 с несколькими концентрическими центрирующими поясками, что позволяет центрировать опорные втулки или заготовки по соответствующему наружному или внутреннему диаметру. Планшайба крепится к переходному фланцу 1, а заготовка 3 прижимается к планшайбе прихватами 4, установленными в ее радиальных Т-образных пазах. Универсальность и простота такого способа крепления заготовок колец, фланцев и других подобных деталей позволяет его использовать в мелкосерийном производстве.

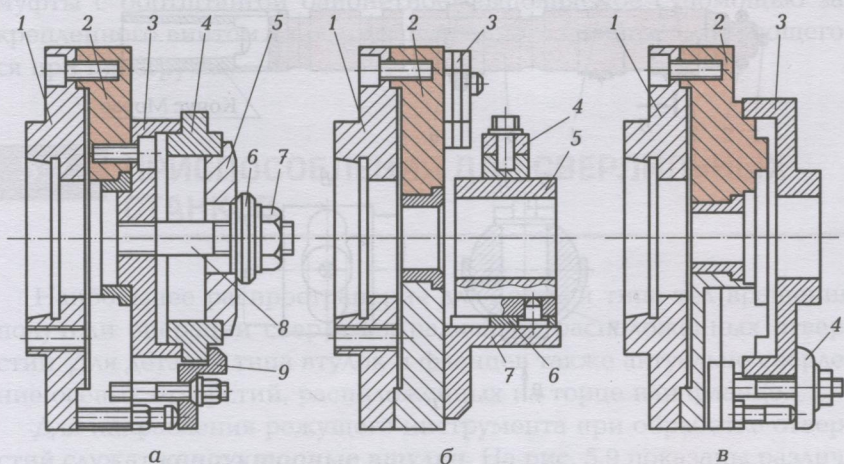


Рис. 5.7. Варианты использования планшайб при обработке заготовок:
а — схема с центрированием заготовки кольца опорной втулкой: 1 — фланец; 2 — планшайба; 3 — втулка; 4 — заготовка; 5, 6 — шайбы; 7 — гайка; 8 — винт; 9 — прихват; б — схема для растачивания отверстия в корпусе на угольнике: 1 — фланец; 2 — планшайба; 3 — противовес; 4 — планка; 5 — заготовка; 6 — пластина; 7 — угольник; в — схема для обработки нескольких типоразмеров заготовок: 1 — фланец; 2 — планшайба; 3 — заготовка; 4 — прихват

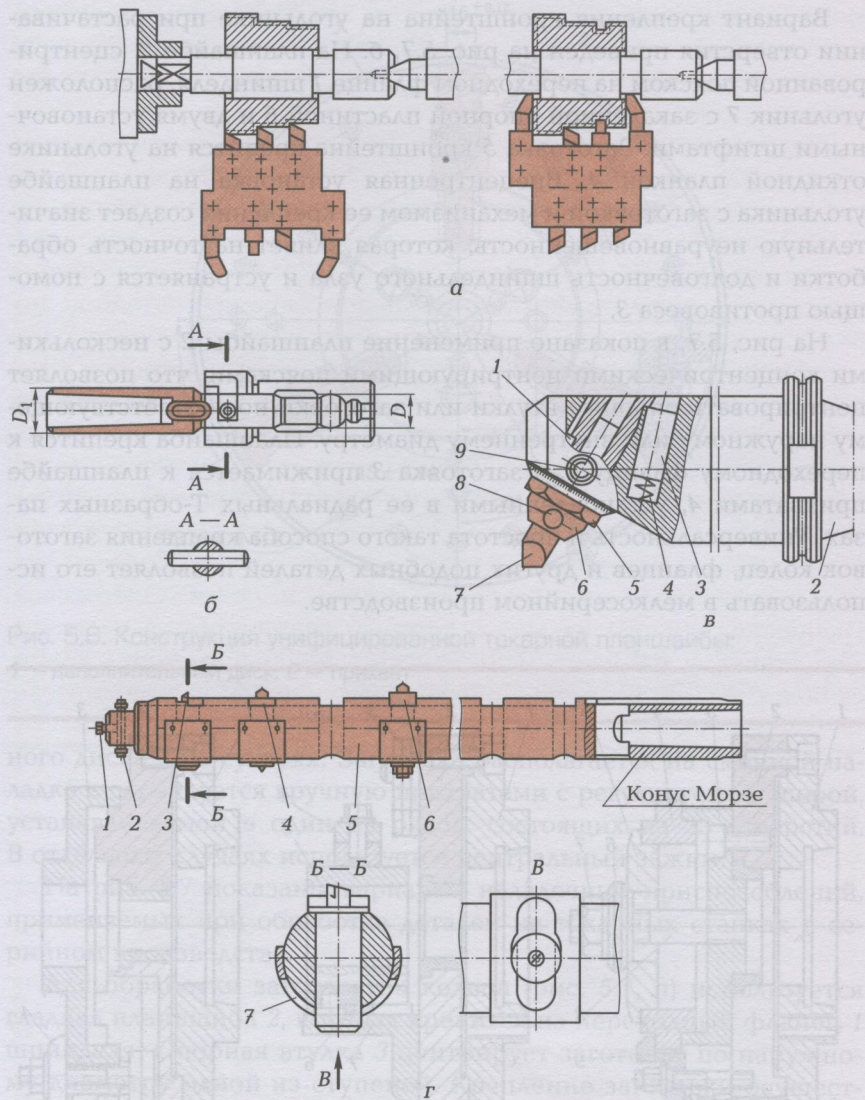


Рис. 5.8. Вспомогательный инструмент к токарным и расточным станкам:
 а — конструкция специального поворотного резцедержателя; б — конструкция качающейся оправки к байонетному патрону; в — конструкция оправки с микрометрическим регулированием положения резца: 1 — шпонка; 2 — корпус; 3 — толкатель; 4 — пружина; 5 — лимб-гайка; 6 — державка; 7 — резец; 8, 9 — винты; г — конструкция борштанги с резцовыми блоками: 1 — винт; 2 — предохранительный штифт; 3, 6 — резцовые блоки; 4 — двухрезцовый блок; 5 — корпус; 7 — эксцентриковый зажим

Для сокращения времени обработки на токарных станках применяется различный вспомогательный инструмент, например специальный поворотный резцедержатель, несущий несколько инструментов. С помощью таких резцедержателей можно одновременно обрабатывать несколько поверхностей (рис. 5.8, а), используя продольную или поперечную подачу суппорта.

На рис. 5.8, б показана конструкция качающейся оправки, установленной в быстросменном байонетном патроне.

На рис. 5.8, в приведена конструкция оправки с микрометрическим регулированием положения резца. Резец 7 устанавливается в пазу державки 6 и фиксируется винтом 8. Вылет предварительно настроенного на размер резца регулируется поворотом лимб-гайки 5 на требуемый угол. В окончательном положении державка фиксируется винтом 9.

Расточная бортштанга, показанная на рис. 5.8, г, имеет поперечные отверстия в корпусе 5 для установки резцовых блоков, плавающих разверток или виброгасителей, а также конусное отверстие в торце для крепления сверл, зенкеров, разверток. Резцовые блоки 3 закрепляются с помощью эксцентриковых зажимов 7. Хвостовики служат для соединения с переходной муфтой, установленной в шпинделе горизонтально-расточного станка. Соединение муфты с бортштангой байонетное, выполняемое с помощью закрепленного винтом 1 предохранительного штифта 2, ломающегося при перегрузке.

5.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Наибольшее распространение для деталей типа тел вращения получили операции сверления радиально расположенных отверстий. Для деталей типа втулок и фланцев также актуально сверление осевых отверстий, расположенных на торце или фланце.

Для направления режущего инструмента при обработке отверстий служат **кондукторные втулки**. На рис. 5.9 показаны различные конструкции кондукторных втулок.

Постоянные втулки могут быть с буртиком (рис. 5.9, а) и без буртика (рис. 5.9, б). Такие втулки запрессовываются в отверстие корпуса кондуктора или в кондукторную плиту по посадке H7/p6 и применяются при обработке отверстий одним сверлом или зенкером с точностью по IT11, IT12 в мелкосерийном производстве.

Сменные кондукторные втулки (рис. 5.9 в) изготавливаются с буртиками и применяются в приспособлениях, используемых в крупносерийном и массовом производстве. Заменить в приспособлениях изношенные сменные втулки можно быстрее, чем постоянные. Сменные втулки вставляются с посадкой H7/g6 в постоянные втулки, запрессованные в отверстия корпуса или кондукторную плиту. Для предохранения от проворачивания и подъема сменные втулки закрепляются винтами.

Быстросменные кондукторные втулки 1 (рис. 5.9, г) изготавливаются с буртиками и вставляются с посадкой H7/g6 в постоянные втулки 2, запрессованные в отверстия кондуктора 3. Винт 5 фиксирует втулку 1. Расстояние l от нижнего торца втулки 1 до поверхности обрабатываемой детали 4 при сверлении принимается равным от $1/3$ до целого диаметра отверстия втулки в зависимости от диаметра и материала обрабатываемого отверстия детали. При зенкеровании принимают l равным $0,3$ от диаметра отверстия втулки. Быстросменные кондукторные втулки применяются в приспособлениях для крупносерийного производства при последовательной обработке одного отверстия различными режущими инструментами (сверлом, зенкером, разверткой) за одну установку

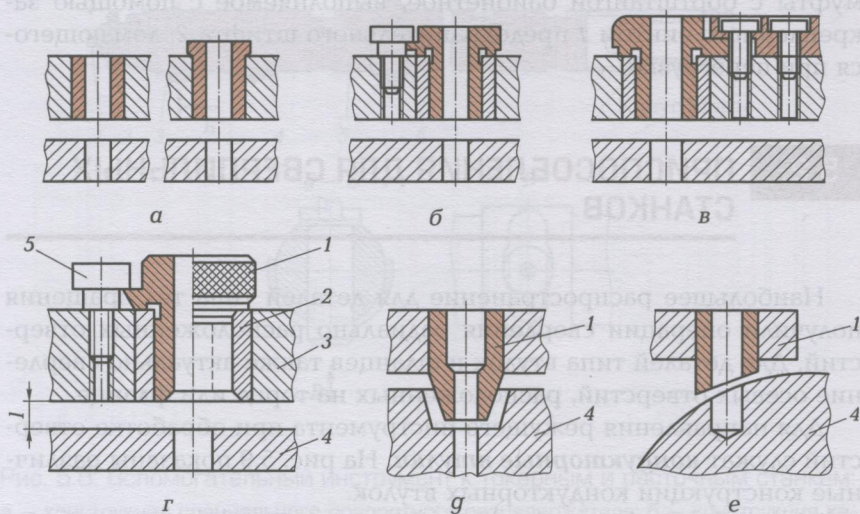


Рис. 5.9. Конструкции кондукторных втулок:

а, б — постоянных соответственно с буртиком и без буртика; в — сменных; г — быстросъемных; д, е — для сверления отверстий соответственно в углублении детали и на цилиндрической поверхности; 1, 2 — втулки; 3 — кондуктор; 4 — деталь; 5 — винт

обрабатываемой детали в приспособлении. При этом каждый режущий инструмент направляется отдельной быстросменной втулкой соответствующего диаметра.

На рис. 5.9, *г* показана специальная втулка 1 для сверления отверстия в углублении детали 4.

На рис. 5.9, *е* показана специальная кондукторная втулка 1 для сверления отверстия на цилиндрической поверхности детали 4.

Кондукторные втулки с диаметром отверстия до 25 мм изготавливаются из стали марок У10А, У12А и закаляются до твердости 60...65 HRC. При диаметре отверстия больше 25 мм втулки изготавливаются из стали марок 20, 20Х с цементацией и закалкой до той же твердости.

Примерный срок службы кондукторных втулок определяется числом просверленных отверстий 12 000 — 16 000. Средний износ кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10...20 мм на 10 м пути при обработке деталей из серого чугуна средней твердости составляет 3...5 мкм, а при обработке деталей из стали марки 40 — 4...6 мкм.

Приспособления, служащие для установки деталей, обрабатываемых на сверлильных станках, и имеющие кондукторные втулки для направления режущего инструмента, называются **кондукторами**.

На рис. 5.10 приведена конструкция переналаживаемого кондуктора для сверления радиальных отверстий в валиках и шестигранниках.

Обрабатываемая деталь 11 устанавливается на сменную призму 12 и закрепляется в ней с помощью Г-образной кондукторной плиты 8, которая соединена рычагом 6 с поршнем 3 пневмоцилиндра 5. Рычаг 6 располагается на шарнирной оси 7. В кондукторной плите 8 запрессована постоянная втулка 10, в которой установлена сменная кондукторная втулка 9. Для настройки кондуктора по заданной координате отверстия служит подвижный задний упор 15, в отверстие которого вставляются сменные опоры 14. Положение заднего упора регулируется винтом с головкой 1. Сжатый воздух с помощью ножного переключателя подается от цеховой магистрали через штуцер 2 или 4 цилиндра 5.

Данный кондуктор снабжен комплектом сменных призм и втулок, применение которых позволяет обрабатывать детали диаметром 5...40 мм. Отклонение от перпендикулярности оси кондукторных втулок относительно опорной поверхности основания 13 не должно превышать 0,03 мм. Ось втулки кондуктора должна находиться в одной плоскости с осью призмы (допустимое отклонение не более 0,02 мм). Этот кондуктор относится к группе специализи-

рованных наладочных приспособлений (СНП), так как при его переналадке производится замена наладочных элементов.

Автоматизированные кондукторы применяются для обработки отверстий в небольших заготовках в крупносерийном и массовом производстве. Цикл работы такого кондуктора следующий:

- подача заготовки из автоматического загрузочного устройства в кондуктор;
- автоматический зажим заготовки;

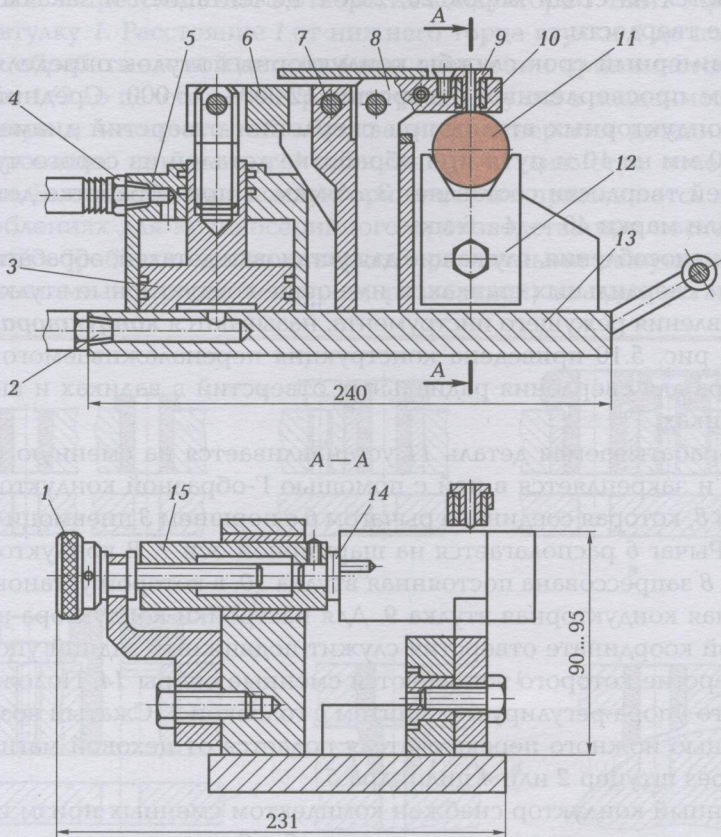


Рис. 5.10. Конструкция переналаживаемого кондуктора для сверления радиальных отверстий:

1 — головка винта; 2, 4 — штуцер; 3 — поршень; 5 — цилиндр; 6 — рычаг; 7 — шарнирная ось; 8 — кондукторная плита; 9 — кондукторная втулка; 10 — постоянная втулка; 11 — деталь; 12 — сменная призма; 13 — основание; 14 — сменная опора; 15 — подвижный задний упор

- обработка отверстий в заготовке;
- автоматический разжим заготовки после обработки;
- съём обработанной детали.

На рис. 5.11 приведена конструкция автоматизированного скальчатого кондуктора с пневмоцилиндром и распределительным пневматическим краном.

В корпус такого кондуктора (рис. 5.11, а) встроен пневмоцилиндр, в котором перемещается поршень 11 со шток-рейкой 3. Шток-рейка вращает вал 4, который в зависимости от направления вращения через рейки направляющих скалок поднимает или опускает эти скалки с закрепленной на них кондукторной плитой 8. Рабочий устанавливает заготовку на призму 5 до упора 7, который фиксируется регулируемой гайкой 6.

На валике 13 (рис. 5.11, б), связанном со шпинделем, установлен диск 14, на котором закреплен копир 12. При вращении штурвала, находящегося на валике 13, шпиндель со сверлом перемещается к заготовке. В это время диск 14 вместе с копиром 12 перемещает ролик 15 с золотником 18 распределительного крана подачи воздуха вправо.

Сжатый воздух поступает через штуцер 16 в корпус золотника и направляется через штуцер 20 в полость А пневмоцилиндра (см. рис. 15.11, а). При этом поршень 11 со шток-рейкой 3 перемещается влево, рейка поворачивает вал 4, который находится в зацеплении с рейками, нарезанными на направляющих скалках 2 и при вращении перемещает скалки с кондукторской плитой 8 и втулкой 9 вниз. Кондукторная плита с сухарями 1, опускаясь через резиновую прокладку 10, зажимает заготовку, после чего производится обработка отверстия.

После выполнения обработки штурвал, расположенный на валике 13 (см. рис. 15.11, б), начинает вращаться в другом направлении и шпиндель со сверлом поднимаются. Диск 14 с копиром 12 также поворачиваются на валике 13, и копир сходит с ролика 15, а золотник 18 под действием пружины 19 возвращается в исходное положение. При этом сжатый воздух из сети через штуцер 21 поступает в левую полость В пневмоцилиндра кондуктора (см. рис. 15.11, а), поршень со шток-рейкой перемещается вправо и, поворачивая вал 4, поднимает скалки 2 с кондукторной плитой 8, в результате чего обработанная деталь разжимается. Корпус 17 распределительного крана крепится на станине станка.

На рис. 5.12 показана конструкция **стационарного приспособления** — универсального трехкулачкового самоцентрирующего

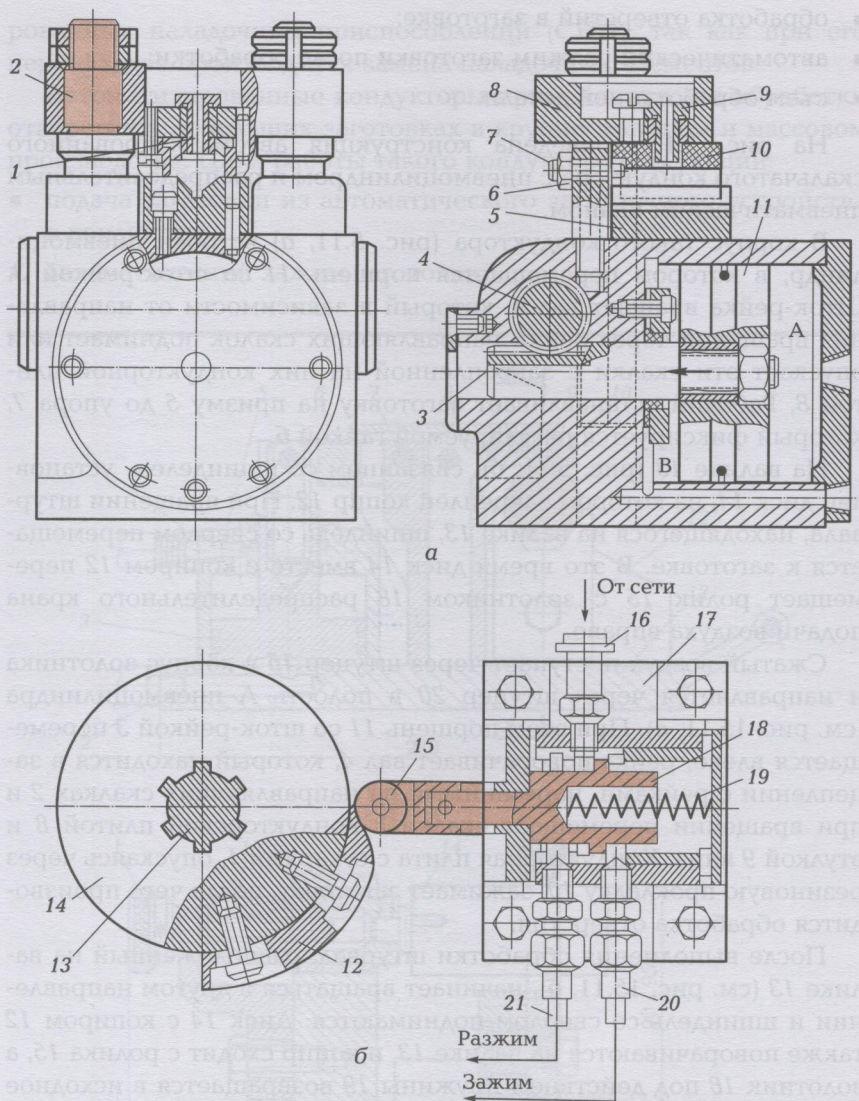


Рис. 5.11. Конструкции автоматизированного скальчатого кондуктора с пневмоприводом (а) и распределительного пневматического крана с автоматическим управлением (б):

1 — сухарь кондукторной плиты; 2 — направляющая скалка; 3 — шток-рейка; 4 — вал-зубчатое колесо; 5 — призма; 6 — гайка; 7 — упор; 8 — кондукторная плита; 9 — втулка; 10 — резиновая прокладка; 11 — поршень; 12 — копир; 13 — валик; 14 — диск; 15 — ролик; 16, 20, 21 — штуцеры; 17 — корпус распределительного крана; 18 — золотник; 19 — пружина золотника

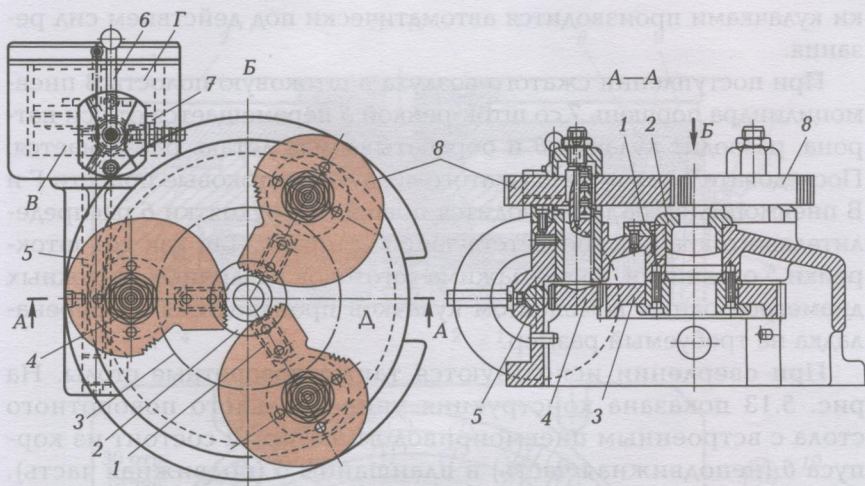


Рис. 5.12. Конструкция универсального трехкулачкового самоцентрирующего патрона с пневмоприводом для сверлильного станка:

1 — планка; 2 — сменная втулка; 3 — центральное зубчатое колесо; 4 — шестерня-валик; 5 — шток-рейка; 6 — рукоятка; 7 — поршень; 8 — кулачки

патрона с пневмоприводом, применяемого при сверлении и зенкерованием центрального отверстия в деталях с цилиндрической наружной поверхностью.

На корпус патрона в зоне Д можно установить кронштейн с кондукторной втулкой для направления сверла или зенкера. Заготовки в зависимости от их формы и размеров устанавливаются в сменную втулку 2 или на три планки 1. Центрирование и зажим заготовки производятся кулачками 8 с насечкой.

При поступлении сжатого воздуха в бесштоковую полость Г пневмоцилиндра поршень 7 со шток-рейкой 5 перемещается к оси патрона. Шток-рейка 5, находясь в зацеплении с одной из шестерен-валиков 4, поворачивает патрон вокруг вертикальной оси на некоторый угол. При этом шестерня-валик 4, находящаяся в зацеплении с центральным зубчатым колесом 3, поворачивает через него две другие шестерни-валики на такой же угол. На верхних концах шестерен-валиков 4 установлены и жестко закреплены кулачки 8, рабочая поверхность которых имеет форму спирали с насечкой.

При одновременном повороте кулачков заготовка центрируется и предварительно зажимается. Окончательный зажим заготов-

ки кулачками производится автоматически под действием сил резания.

При поступлении сжатого воздуха в штоковую полость В пневмоцилиндра поршень 7 со шток-рейкой 5 перемещается от оси патрона, разводит кулачки 8 и обрабатываемая деталь разжимается. Последовательная подача сжатого воздуха в штоковые полости Г и В пневмоцилиндра производится поворотом рукоятки 6 распределительного крана в соответствующую сторону. Так как ход шток-рейки 5 ограничен, то для зажима заготовок различных наружных диаметров одним комплектом кулачков производится их переналадка на требуемый размер.

При сверлении используются также поворотные столы. На рис. 5.13 показана конструкция универсального поворотного стола с встроенным пневмоприводом, который состоит из корпуса 6 (неподвижная часть) и планшайбы 5 (подвижная часть). На планшайбе 5 закреплено кольцо 9, в котором по окружности расположено определенное число отверстий. Точный поворот планшайбы на определенный угол осуществляется одним из реечных фиксаторов 8, последовательно входящих в отверстия соответствующего ряда в кольце 9 под действием пружин, расположенных в двух втулках 11, запрессованных в корпус 6. Каждый реечный фиксатор 8 управляется рукоятками 10 и 13.

Поворот планшайбы 5 стола на одно деление осуществляется вручную. Для большей жесткости приспособления планшайбу после ее поворота и фиксации прижимают к корпусу 6 и отжимают от него перед последующим поворотом. Прижим планшайбы 5 к корпусу 6 выполняет пневмопривод, встроенный в корпус, а отжим — пружина 2.

В пневмоцилиндре размещается поршень 4 со штоком 3, на конце которого установлена втулка 1. При поступлении сжатого воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень со штоком и втулкой перемещается вниз и втулка прижимает планшайбу к корпусу. Когда воздух из штоковой полости через распределительный кран выпускают в атмосферу, поршень 4 со штоком 3 и втулкой 1 под воздействием пружины 2 перемещается вверх и планшайба 5 отжимается от корпуса 6. Сменные накладки для базирования и закрепления заготовок устанавливаются на верхней поверхности 7 планшайбы 5 и крепятся болтами, установленными в пазах 12 планшайбы.

Для одновременной обработки (сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы) нескольких отверстий в одной заготовке и последовательной позиционной обработки отверстий в

нескольких заготовках применяются многошпиндельные сверлильные головки.

Многошпиндельные сверлильные головки подразделяются на специальные и универсальные.

Специальные головки применяются при обработке отверстий в заготовках одного типоразмера. Расстояние между осями шпинделей в головках постоянное. Универсальные головки применяются для обработки отверстий в заготовках различных форм и размеров. Расстояние между осями шпинделей в этих головках можно изменять в соответствии с расположением обрабатываемых отверстий.

На рис. 5.14 показана конструкция многошпиндельной сверлильной головки с подвесной кондукторной плитой. Многошпиндельная сверлильная головка 7 связана с кондукторной плитой 8 двумя направляющими скалками 5. Нижние концы скалок жестко закреплены в кондукторной плите гайками 2, а верхними концами свободно перемещаются в отверстиях втулок 6, запрессованных в корпусе многошпиндельной головки. Головка 7 и кондукторная плита 8 связаны с корпусом 1 двумя направляющими пальцами 4, нижние концы которых жестко закреплены в корпусе приспособления. Пальцы 4 входят в направляющие втулки 3 кондукторной плиты 8 и обеспечивают связь и правильное направление осей кондукторных втулок подвесной плиты относительно осей отверстий заготовки 9. Пружины на направляющих скалках 5 при соприкосновении кондукторной плиты 8 с заготовкой начинают сжиматься и при дальнейшем опускании головки прижимают плиту к заготовке.

На рис. 5.15 показаны конструкции переналаживаемых многошпиндельных сверлильных головок. На рис. 5.15, а показана переналаживаемая четырехшпиндельная сверлильная головка с поворотной-подвижными кронштейнами, которая центральным базовым отверстием корпуса 12 устанавливается на гильзу шпинделя станка и закрепляется двумя винтами 13. Шпиндель станка вращает зубчатое колесо 11, которое через промежуточные зубчатые колеса 8 и 5 передает вращение четырем зубчатым колесам 15, установленным на рабочих шпинделях 1.

В цилиндрическом пазу корпуса 12 находятся четыре сектора 9 с отверстиями, в которых расположены шарикоподшипники, установленные на верхних концах пустотелых валиков 7. В четырех поворотных кронштейнах 4 находятся шарикоподшипники, на которые опираются нижние концы пустотелых валиков 7, промежуточная втулка 6 и рабочий шпиндель 1.

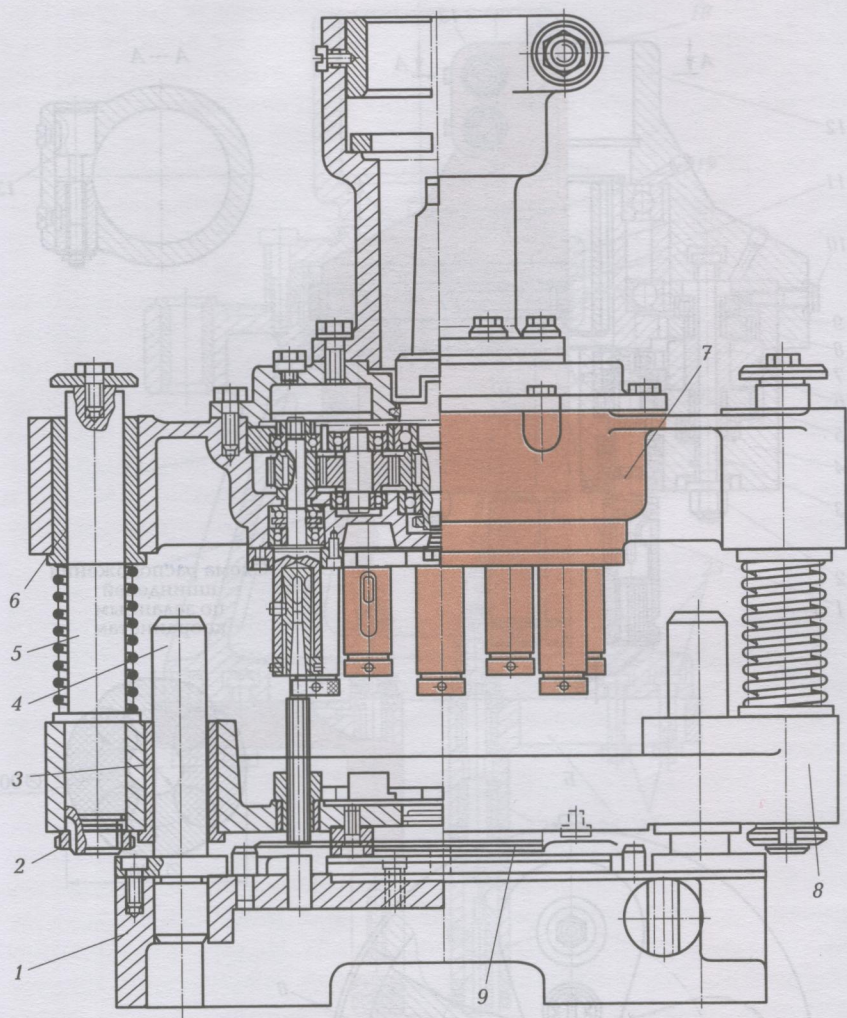


Рис. 5.14. Конструкция многшпindleльной сверильной головки с подвесной кондукторной плитой:

1 — корпус; 2 — гайка; 3 — направляющая втулка; 4 — направляющий палец; 5 — направляющая скалка; 6 — втулка; 7 — сверильная головка; 8 — кондукторная плита; 9 — заготовка

Ослабив гайку 2 на болте 3, можно повернуть кронштейн 4 с рабочим шпинделем 1 вокруг оси болта на 360° . В требуемом положении каждый рабочий шпиндель крепится болтом 3 при завинчивании гайки 2 и винта 10. Болт 3 с гайкой 2 прижимает кронштейн

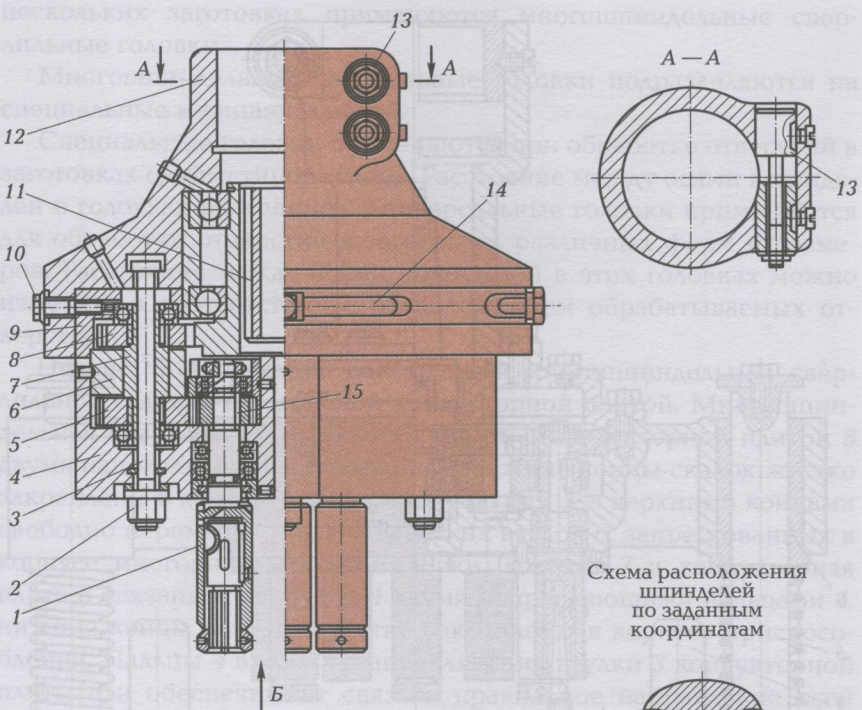
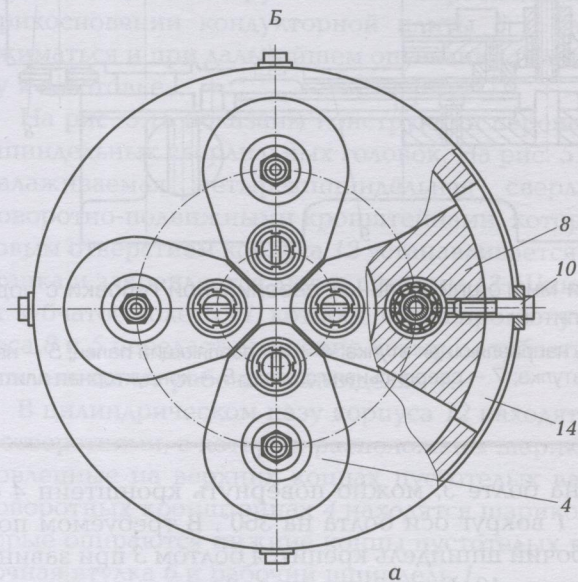
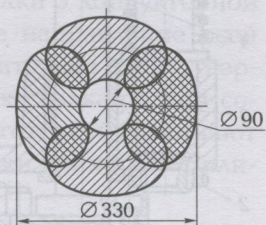
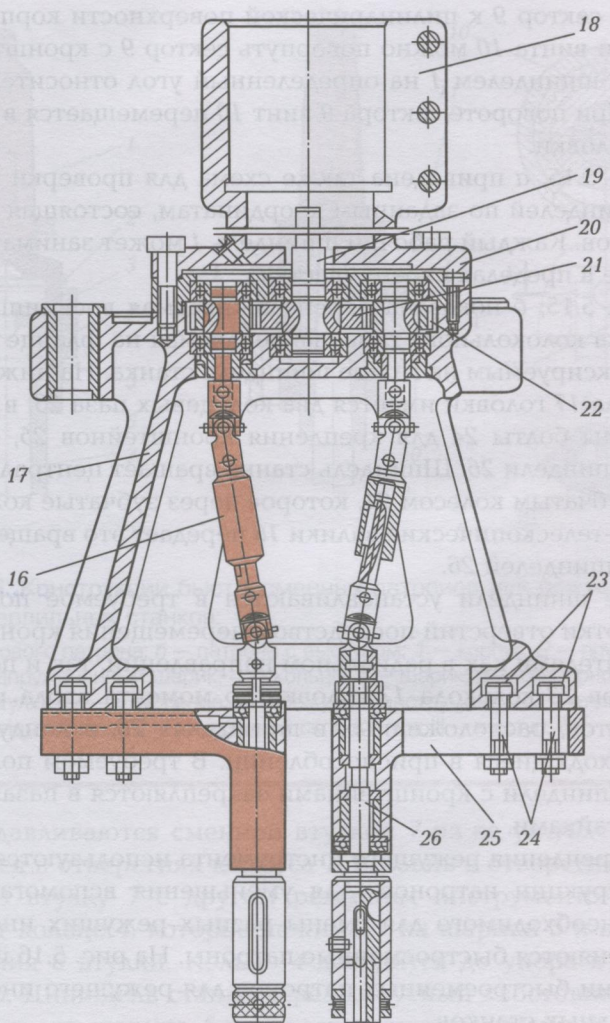


Схема расположения
шпинделей
по заданным
координатам





б

Рис. 5.15. Конструкции переналаживаемых сверлильных головок с приводом через зубчатые колеса:

а — четырехшпиндельной головки с поворотно-передвижными кронштейнами; б — восьмишпиндельной головки колокольного типа; 1 — рабочий шпindel; 2 — гайка; 3 — болт; 4 — кронштейн; 5, 8 — промежуточные зубчатые колеса; 6 — промежуточная втулка; 7 — пустотелый валик; 9 — сектор с отверстиями; 10, 13 — винты; 11, 15, 22 — зубчатые колеса; 12 — корпус; 14 — пазы корпуса головки; 16 — шарнирно-телескопический валик; 17 — колокол головки; 18 — хомут; 19 — центральный валик; 20 — фланец хомута; 21 — ведущее зубчатое колесо; 23 — паз; 24 — болт с гайкой; 25 — кронштейн; 26 — шпindel

штейн 4 и сектор 9 к цилиндрической поверхности корпуса. При ослаблении винта 10 можно повернуть сектор 9 с кронштейном 4 и рабочим шпинделем 1 на определенный угол относительно оси головки. При повороте сектора 9 винт 10 перемещается в пазах 14 корпуса головки.

На рис. 5.15, а приведена также схема для проверки расположения шпинделей по заданным координатам, состоящая из четырех участков. Каждый рабочий шпиндель 1 может занимать любое положение в пределах своего участка.

На рис. 5.15, б показана перенастраиваемая восьмишпиндельная головка колокольного типа, закрепляемая на фланце 20 хомутом 18, фиксируемым на гильзе шпинделя станка. На нижнем торце колокола 17 головки имеется два кольцевых паза 23, в которых установлены болты 24 для крепления кронштейнов 25, несущих рабочие шпиндели 26. Шпиндель станка вращает центральный валик 19 с зубчатым колесом 21, которое через зубчатые колеса 22 и шарнирно-телескопические валики 16 передает это вращение держателям шпинделей 26.

Рабочие шпиндели устанавливаются в требуемое положение для обработки отверстий посредством перемещения кронштейнов с их держателями как в радиальном направлении, так и по окружности пазов 23 колокола 17 головки до момента ввода режущих инструментов, расположенных в шпинделях 26, в кондукторные втулки, находящиеся в приспособлении. В требуемом положении рабочие шпиндели с кронштейнами закрепляются в пазах 23 болтами 24 с гайками.

Для закрепления режущего инструмента используются различные конструкции патронов. Для уменьшения вспомогательного времени, необходимого для смены разных режущих инструментов, применяются быстросменные патроны. На рис. 5.16 показаны конструкции быстросменных патронов для режущего инструмента сверлильных станков.

Шариковый патрон, конструкция которого представлена на рис. 5.16, а, допускает смену режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток, зенковок) при вращении шпинделя. Хвостовик корпуса такого патрона закрепляется в коническом отверстии шпинделя станка. В отверстие корпуса 1 патрона вставляется сменная втулка 7 с режущим инструментом 9. На наружной поверхности втулки имеются два углубления 8, а в корпусе патрона — отверстия, в которых установлены два шарика 5. При смене режущего инструмента рабочий одной рукой берется за кольцо 4 и поднимает его до упора в пружинное кольцо 2. При этом шарик-

При нарезании резьбы в условиях возможной перегрузки и поломки метчика применяют предохранительные патроны, которые позволяют регулировать передаваемый ими крутящий момент и автоматически прекращают вращение и осевое перемещение метчика, если момент сил резания оказывается больше допустимого.

При жестком закреплении разверток конусным хвостовиком в шпинделе станка не обеспечивается получение точных отверстий, так как при этом на отверстия переносятся все неточности работы шпинделя сверлильного станка. Следовательно, для получения отверстия 7-го качества точности развертки следует закреплять в самоустанавливающихся патронах, которые могут быть качающимися и плавающими (рис. 5.17).

Качающийся патрон (рис. 5.17, а) закрепляется в шпинделе станка коническим хвостовиком корпуса 1. В отверстии корпуса патрона на штифте 4 с некоторым зазором установлена втулка 5

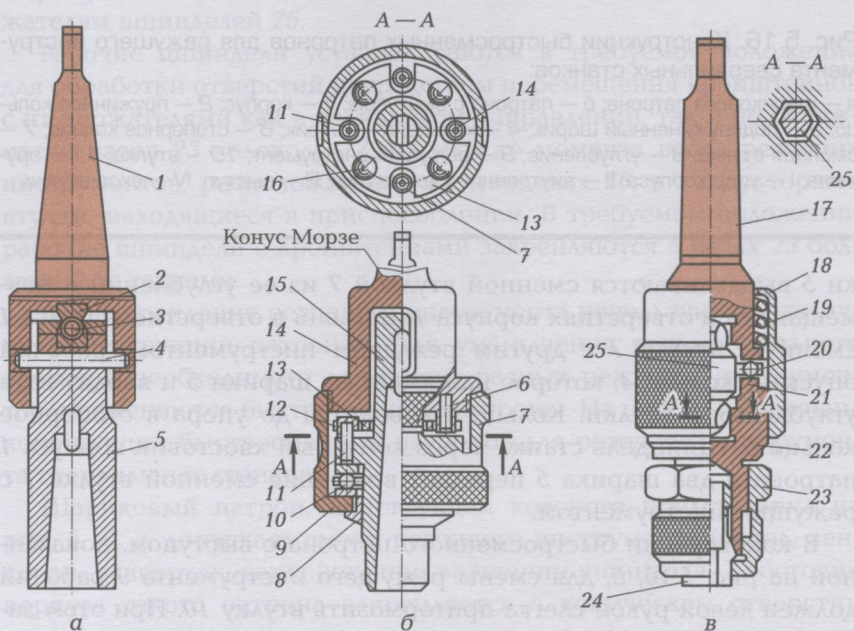


Рис. 5.17. Конструкции патронов для закрепления разверток:

а — качающегося; б — плавающего; в — качающегося и плавающего; 1, 15 — корпуса патронов; 2 — подпятник; 3, 10, 16 — шарики; 4, 6, 11 — штифты; 5, 8, 12, 22 — втулки; 7, 18, 23 — гайки; 9 — кольцо; 13 — поводковое кольцо; 14, 17 — хвостовики; 19 — пружина; 20 — сепаратор; 21 — шайба; 24 — направляющая цанга; 25 — поводок

с коническим отверстием под хвостовик развертки. Шарик 3 и подпятник 2 образуют осевую опору втулки 5. При работе эта втулка может качаться в пределах имеющегося зазора (в результате чего развертка поворачивается на некоторый угол относительно оси шпинделя), обеспечивая совмещение оси развертки с осью обрабатываемого отверстия.

Плавающие патроны (рис. 5.17, б) обеспечивают свободное совмещение оси развертки с осью обрабатываемого отверстия без перекоса инструмента. Корпус 15 плавающего патрона с коническим отверстием под инструмент размещается в выточке хвостовика 14, которым патрон крепится к шпинделю станка. Во фланце корпуса запрессованы два штифта 11, на которые надета втулка 12. Такие же два штифта 6 запрессованы в двух диаметрально противоположных отверстиях торца хвостовика 14. На штифтах 6 также имеются втулки. Между фланцем корпуса и торцом хвостовика расположено поводковое кольцо 13, в четырех гнездах которого размещены шарики 16, передающие осевое усилие инструмента через фланец корпуса на торец хвостовика. В поводковом кольце имеются также четыре паза, в которые входят втулки штифтов 11 и 6.

При работе патрона крутящий момент от хвостовика 14 к корпусу 15 передается через штифты 6, поводковое кольцо 13 и штифты 11. Фланец корпуса поджимается к торцу хвостовика гайкой 7, соединенной с хвостовиком резьбой.

Для уменьшения трения между гайкой и фланцем корпуса в сепараторе между двумя кольцами 9 размещаются шарики 10. Втулка 8, расположенная на корпусе, предохраняет патрон от загрязнений. Конструкция патрона исключает перекос инструмента при работе и допускает смещение до 15 мм (плавание) корпуса 15 с инструментом в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

Патроны для закрепления разверток с цилиндрическим и коническим хвостовиками (рис. 5.17, в) допускают как угловое смещение инструмента (качание), так и радиальное смещение в плоскости, перпендикулярной оси (плавание). В шпинделе станка такой патрон закрепляется хвостовиком 17. Между торцом хвостовика и торцом втулки 22 на шайбе 21 в сепараторе 20 размещаются шарики, через которые хвостовик воспринимает от втулки осевую силу резания при работе инструмента. Крутящий момент от хвостовика к втулке передается через поводок 25, имеющий на концах закругленные шестигранные выступы, грани которых сдвинуты относительно друг друга на 30° . Верхний выступ поводка входит в шестигранное отверстие хвостовика, а нижний — в аналогичное отверстие

стие втулки 22. Втулка поджимается к хвостовику пружиной 19, которая действует на фланец гайки 18, связанный резьбой с втулкой 22. Инструмент в патроне закрепляется с помощью гайки 23, которая при вращении по резьбе втулки 22 смещает в осевом направлении цангу 24.

Для расширения технологических возможностей сверлильных станков применяются специальные патроны для обработки конусных поверхностей и растачивания канавок в отверстиях (рис. 5.18).

На рис. 5.18, а показана конструкция патрона для растачивания на вертикально-сверлильном станке конических отверстий. Втулка 10 верхней частью вставляется в патрон станка и направляется кондукторными втулками 2 и 5, запрессованными в корпус приспособления, где закреплена заготовка 4. Во втулке 10 размещается валик 7 с пружиной 1. При опускании шпинделя станка валик

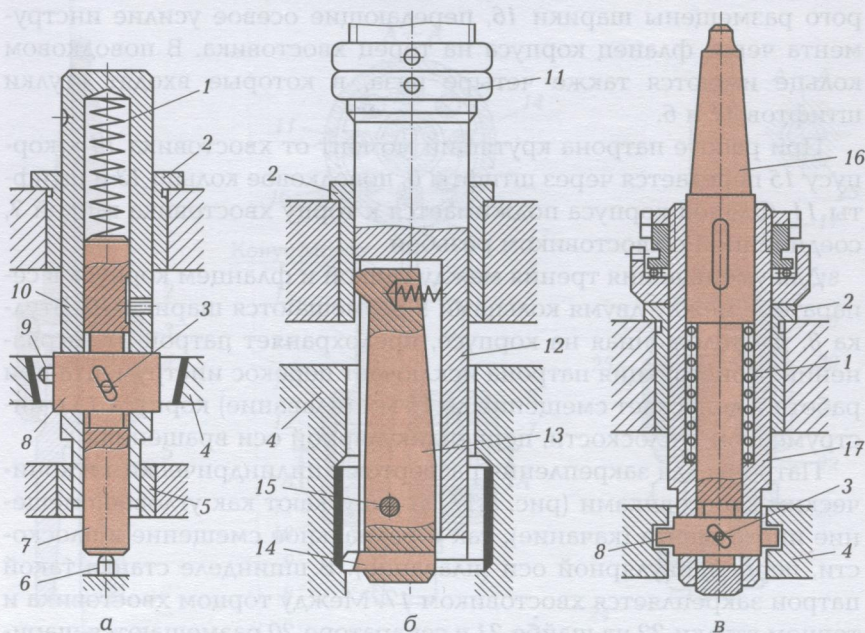


Рис. 5.18. Конструкции специальных патронов, расширяющих технологические возможности сверлильных станков:

а — для растачивания конических поверхностей; б — для растачивания внутренних выемок; в — для растачивания кольцевых канавок; 1 — пружина; 2, 5 — кондукторные втулки; 3 — штифт; 4 — заготовка; 6 — упор; 7 — валик; 8 — пластина; 9 — расточный резец; 10 — втулка; 11 — упор; 12 — скалка; 13 — подпружиненная державка; 14 — резец; 15 — ось; 16 — центральный валик; 17 — гильза

доходит до упора 6. Дальнейшее опускание шпинделя станка с втулкой 10 вызывает радиальное перемещение пластины 8 с расточным резцом 9, так как штифт 3, запрессованный в валик 7, скользит по наклонному пазу пластины. Таким образом, вершина резца будет описывать коническую поверхность. При подъеме шпинделя пружина 1 возвращает валик 7 и пластину 8 в исходное положение.

Для растачивания внутренних выемок в отверстиях применяются специальные скалки 12 (рис. 5.18, б) с продольным пазом, в котором на оси 15 закреплена качающаяся подпружиненная державка 13 с резцом 14. При подаче скалки вниз выступ державки отклоняется вправо кондукторной втулкой 2. Резец врежется в стенку отверстия и при дальнейшем опускании скалки протачивает выемку, длина которой ограничивается предварительной установкой упора 11.

На рис. 5.18, в показана конструкция патрона для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке. Центральный валик 16, связанный со шпинделем станка, имеет в нижней части прямоугольное окно, куда вставляется расточная пластина 8. Запрессованный в валике штифт 3 проходит через сквозную наклонную прорезь этой расточной пластины. При подаче валика вниз штифт выдвигает пластину в радиальном направлении и ее режущая кромка растачивает в отверстии заготовки 4 кольцевую канавку. Гильза 17, через окна которой проходит расточная пластина, направляется кондукторной втулкой 2. Буртик втулки ограничивает осевое перемещение гильзы, чтобы растачивание канавки происходило на заданной высоте. Пружина 1 возвращает пластину в исходное положение.

5.3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

На фрезерных станках широко применяются универсальные зажимные приспособления — машинные тиски различных конструкций. Универсальные тиски позволяют с помощью простых недорогих наладок устанавливать и закреплять заготовки широкой номенклатуры. На рис. 5.19 показана конструкция универсальных тисков с гидравлическим приводом.

Тиски представляют собой корпус 10 с неподвижной губкой 3 и подвижной губкой 9. Заготовки можно устанавливать как на плоскость направляющих планок, так и в сменные установочно-

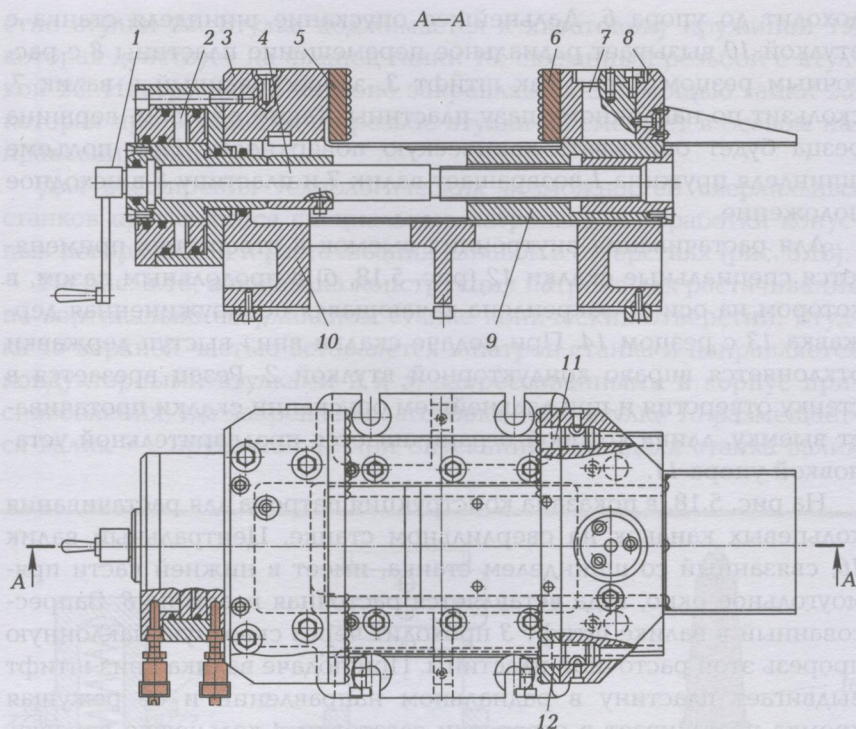


Рис. 5.19. Конструкция универсальных тисков с гидравлическим приводом:

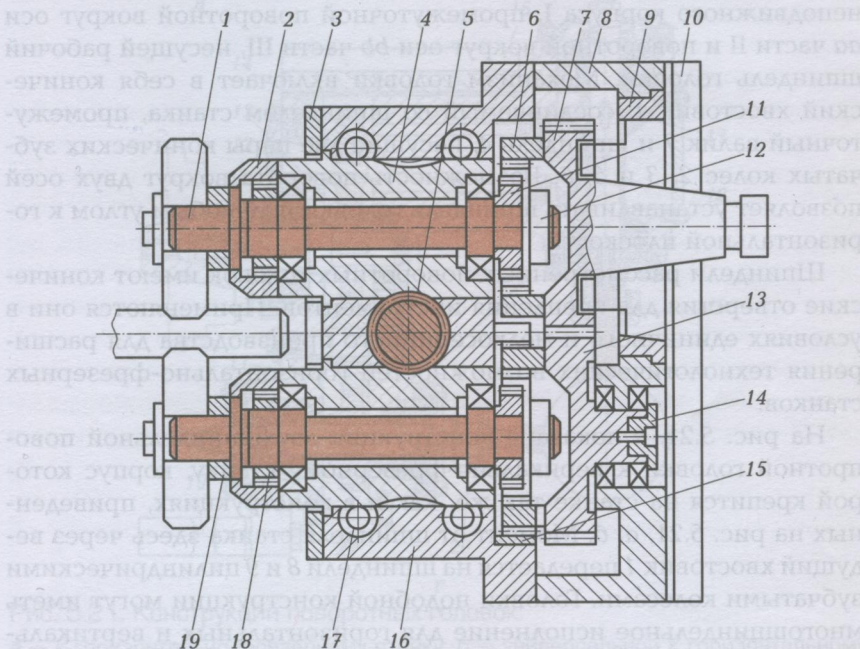
1 — рукоятка; 2 — гидроцилиндр; 3, 9 — губки; 4 — винт; 5, 6 — наладки; 7 — ось; 8 — поворотная губка; 10 — корпус; 11, 12 — штыри

зажимные наладки 5 и 6, которые закрепляются на губках тисков с помощью двух штырей — цилиндрического 11 и ромбического 12. Заготовки прижимаются к сменной наладке 5 неподвижной губкой 3 с помощью сменной наладки 6 поворотной губки 8. Сила зажима передается подвижной губке 9, что обеспечивает ее самоустановку при закреплении заготовок с непараллельными плоскостями. Положение подвижной губки регулируется вращением рукоятки 1.

Значительное повышение производительности и снижение себестоимости производства достигается за счет применения многшпиндельных фрезерных головок, устанавливаемых на универсально-фрезерных станках.

Съемная двухшпиндельная фрезерная головка (рис. 5.20) с регулируемым межцентровым расстоянием между шпинделями

THE UNIVERSITY OF ALABAMA



1 — шпindelь; 2, 3 — крышки; 4 — пиноль; 5 — червяк; 6, 7, 11, 13 — зубчатые колеса; 8, 16 — секции; 9 — кольцо; 10 — направляющие; 12, 18 — гайки; 14 — пята; 15 — подшипник; 17 — зажим; 19 — регулируемое кольцо

навливаются зубчатые колеса 6 и 13, а затем игольчатый подшипник 15, которые подтягиваются пятой 14. Между буртиком шпинделя и фрезой размещается регулируемое кольцо 19. Фрезерная головка устанавливается на шпинделе горизонтально-фрезерного станка через кольцо 9 и крепится прихватами к направляющим 10.

На рис. 5.21 показаны конструкции поворотных головок к фрезерным станкам.

На рис. 5.21, а дана конструкция поворотной головки к горизонтально-фрезерному станку. Корпус I такой головки закреплен в вертикальных направляющих станины с помощью клина и винтов. Вращение от шпинделя станка через конический хвостовик 1, конические зубчатые колеса 2 и 3 передается на шпиндель 4 головки. Поворотную часть II головки можно устанавливать под любым углом к горизонтальной плоскости, используя градуировку на цилиндрическом пояске а.

На рис. 5.21, б приведена конструкция универсальной поворотной головки к горизонтальному станку. Данная головка состоит из неподвижного корпуса I, промежуточной поворотной вокруг оси *aa* части II и поворотной вокруг оси *bb* части III, несущей рабочий шпиндель головки. Механизм головки включает в себя конический хвостовик 1, соединяемый со шпинделем станка, промежуточный валик 7 и шпиндель 4, несущие две пары конических зубчатых колес 2, 3 и 5, 6. Возможность поворота вокруг двух осей позволяет устанавливать шпиндель головки под любым углом к горизонтальной плоскости.

Шпиндели рассмотренных поворотных головок имеют конические отверстия для крепления инструментов. Применяются они в условиях единичного и мелкосерийного производства для расширения технологических возможностей горизонтально-фрезерных станков.

На рис. 5.21, в показана конструкция двухшпиндельной поворотной головки к вертикально-фрезерному станку, корпус которой крепится на станке так же, как и в конструкциях, приведенных на рис. 5.21, а, б. Момент от шпинделя станка здесь через ведущий хвостовик 1 передается на шпиндели 8 и 9 цилиндрическими зубчатыми колесами. Головки подобной конструкции могут иметь многошпиндельное исполнение для горизонтальных и вертикальных фрезерных станков. В сочетании с многоместными станочными приспособлениями эти головки в несколько раз повышают производительность фрезерных станков.

Конструкция двухшпиндельной головки с взаимно-перпендикулярными шпинделями, показанная на рис. 5.21, г, предназначена

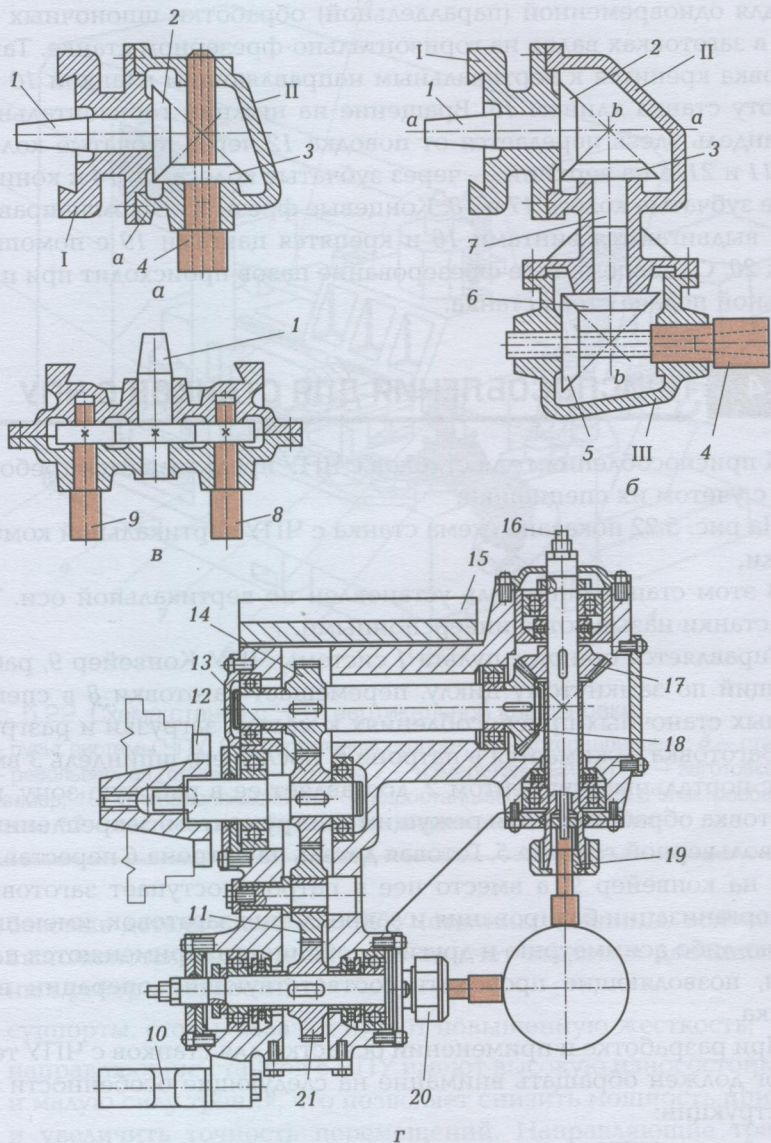


Рис. 5.21. Конструкции поворотных головок:

а — к горизонтально-фрезерному станку; б — универсальной к горизонтальному станку; в — двухшпиндельной к вертикально-фрезерному станку; г — с двумя взаимно-перпендикулярными механизмами к горизонтально-фрезерному станку; 1 — конический хвостовик; 2, 3 и 5, 6 — две пары конических зубчатых колес; 4, 8, 9 — шпиндели; 7 — промежуточный валик; 10 — планка; 11, 13, 14, 21 — зубчатые колеса; 12 — поводок; 15 — клин; 16 — винт; 17, 18 — конические зубчатые колеса; 19 — цанга; 20 — гайка; I — корпус; II, III — поворотные части

на для одновременной (параллельной) обработки шпоночных пазов в заготовках валов на горизонтально-фрезерном станке. Такая головка крепится к вертикальным направляющим планкой 10 и к хоботу станка клином 15. Вращение на нижний горизонтальный шпиндель здесь передается от поводка 12 через зубчатые колеса 13, 11 и 21, а на верхний — через зубчатые колеса 13, 14 и конические зубчатые колеса 17 и 18. Концевые фрезы в осевом направлении выдвигаются винтами 16 и крепятся цангами 19 с помощью гаек 20. Одновременное фрезерование пазов происходит при продольной подаче стола станка.

5.4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

К приспособлениям для станков с ЧПУ предъявляются требования с учетом их специфики.

На рис. 5.22 показана схема станка с ЧПУ вертикальной компоновки.

В этом станке шпиндель установлен по вертикальной оси. Такие станки называются инверсионными.

Управляется станок с пульта 1 системы ЧПУ. Конвейер 9, работающий по замкнутому циклу, перемещает заготовки 8 в специальных станочных приспособлениях к местам загрузки и разгрузки. Заготовка зажимается в патроне 6, после чего шпиндель 3 вместе с порталным суппортом 2, доставляет ее в рабочую зону, где заготовка обрабатывается режущим инструментом, закрепленным в револьверной головке 5. Готовая деталь из патрона 6 переставляется на конвейер 9, а вместо нее в патрон поступает заготовка. Для организации базирования и закрепления заготовок, имеющих какую-либо асимметрию и другие особенности, применяются паллеты, позволяющие проводить соответствующие операции вне станка.

При разработке и применении оснастки для станков с ЧПУ технолог должен обращать внимание на следующие особенности их конструкции:

- станки с ЧПУ должны иметь расширенные технологические возможности при сохранении высокой надежности работы. Их конструкции должны, как правило, обеспечивать совмещение различных видов обработки, удобство загрузки и выгрузки заготовок и деталей, а также автоматическую смену инструмента. Повышенная точность обработки здесь обуславливается высокой точностью изготовления и жесткостью самого станка;

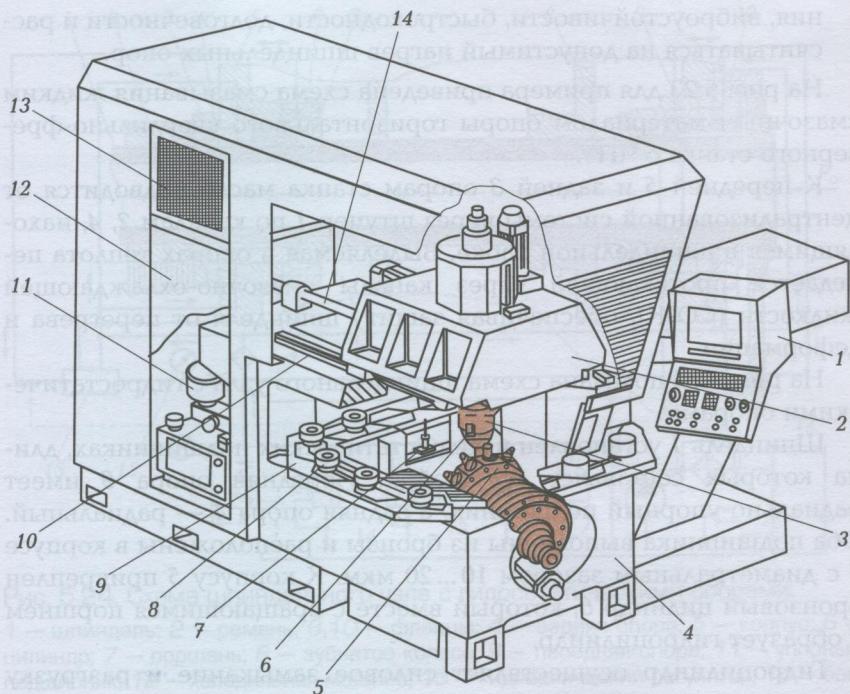


Рис. 5.22. Схема станка с ЧПУ вертикальной компоновки:

1 — пульт системы ЧПУ; 2 — порталный суппорт; 3 — мотор-шпиндель; 4 — станина; 5 — револьверная головка; 6 — патрон; 7 — измерительный щуп; 8 — заготовка; 9 — конвейер; 10 — направляющие; 11 — гидростанция; 12 — шкаф с электрооборудованием; 13 — система охлаждения; 14 — шариковый ходовой винт

- базовые детали станков с ЧПУ (станины, колонны, основания) выполняются более жесткими за счет введения дополнительных ребер жесткости;
- суппорты, столы, салазки имеют повышенную жесткость;
- направляющие станков с ЧПУ имеют высокую износостойкость и малую силу трения, что позволяет снизить мощность привода и увеличить точность перемещений. Направляющие трения, например, могут выполняться из пары сталь (высококачественный чугу́н) — пластиковое покрытие (фторопласт);
- одним из узлов, во многом определяющим точностные параметры станка, является шпиндельный узел, который эксплуатируется в напряженных динамических условиях, а следовательно, должен отвечать определенным требованиям точности вращения

ния, виброустойчивости, быстроходности, долговечности и рассчитываться на допустимый нагрев шпиндельных опор.

На рис. 5.23 для примера приведена схема смазывания жидким смазочным материалом опоры горизонтального сверлильно-фрезерного станка с ЧПУ.

К передней 5 и задней 3 опорам станка масло подводится от централизованной системы через штуцер 1 по каналам 2, 4, находящимся в шпиндельной бабке. Выделяемая в опорах теплота передается протекающей через каналы смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), обеспечивая защиту шпинделя от перегрева и деформации.

На рис. 5.24 показана схема шпиндельного узла с гидростатическими опорами.

Шпиндель 1 установлен в гидростатических подшипниках, длина которых составляет 0,7 шейки. Передняя опора 9 имеет радиально-упорный подшипник, а задняя опора 4 — радиальный. Оба подшипника выполнены из бронзы и расположены в корпусе 5 с диаметральным зазором 10...20 мкм. К корпусу 5 прикреплен бронзовый цилиндр 6, который вместе с вращающимся поршнем 7 образует гидроцилиндр.

Гидроцилиндр осуществляет силовое замыкание и разгрузку упорного подшипника 11. Входные сопротивления всех карманов подшипников образуются капиллярными канавками треугольного сечения. При действии на шпиндель осевой силы P_0 давление в

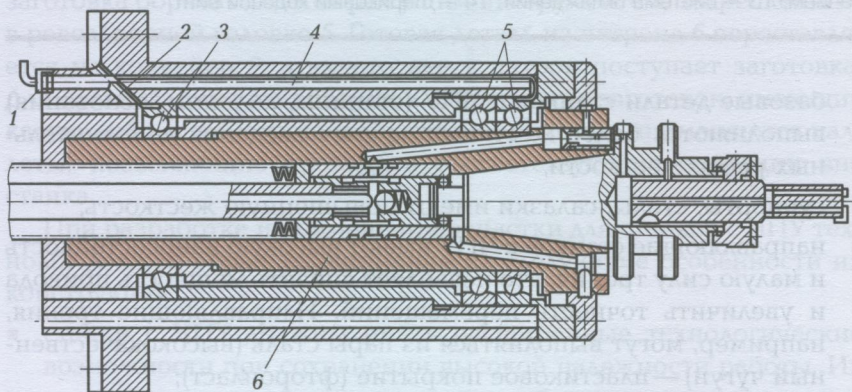


Рис. 5.23. Схема смазывания шпиндельного узла многоцелевого станка: 1 — штуцер подвода жидкого смазочного материала; 2 — канал для подвода смазочного материала к задней опоре; 3 — задняя опора; 4 — канал для подвода смазочного материала к передней опоре; 5 — передняя опора; 6 — шпиндель

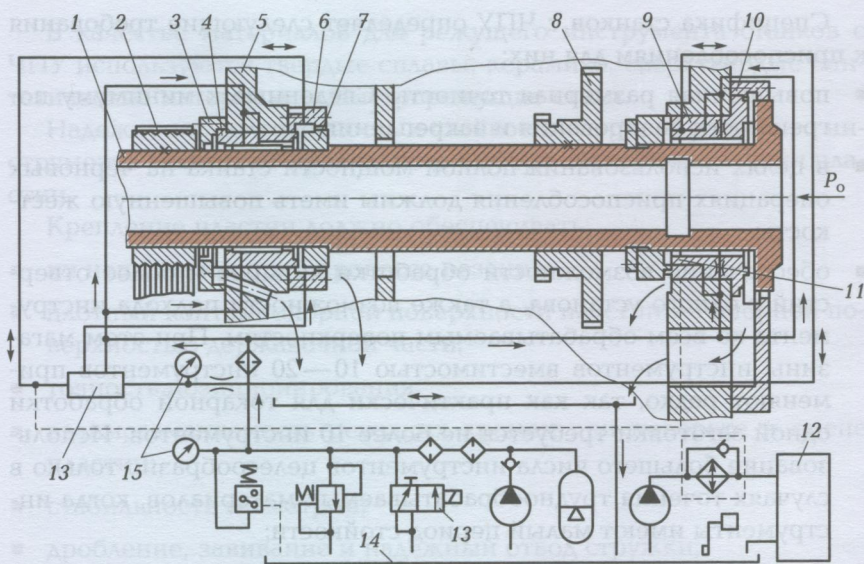


Рис. 5.24. Схема шпиндельного узла с гидростатическими опорами:

1 — шпиндель; 2 — ремень; 3, 10 — фланцы; 4 — задняя опора; 5 — корпус; 6 — цилиндр; 7 — поршень; 8 — зубчатое колесо; 9 — передняя опора; 11 — упорный подшипник; 12 — холодильная машина; 13 — гидравлический регулятор; 14 — бак; 15 — манометры; P_o — осевая нагрузка

кармане подшипника 11 и в полости гидравлического регулятора 13 падает, при этом возрастает давление в полости цилиндра 6. Во фланцах 3, 10 имеются бесконтактные гравитационные уплотнения шпиндельных опор. Карман подшипника 11, разгружаемый от осевой силы P_o , связан с электроконтактным манометром 15, показывающим значение этой силы. При отклонении давления в кармане подшипника 11 от заданного с манометра поступает сигнал на отключение станка.

Шпиндель 1 работает при высокой частоте вращения от поликлинового ремня 2, а при низкой частоте вращения — от приводного зубчатого колеса 8. Масло в узле охлаждается холодильной машиной 12. Холодильный агент с помощью термореле поддерживает в баке 14 определенную температуру масла.

Шпиндельный узел такого типа позволяет обеспечивать при чистовом продольном точении заготовки отклонение от круглости не более 0,7...0,8 мкм, а шероховатость поверхности Ra 0,2 мкм. Гидростатические подшипники смазываются маслом И-5А под давлением 4 МПа.

Специфика станков с ЧПУ определяет следующие требования к приспособлениям для них:

- повышенная размерная точность. Сведенные к минимуму погрешности базирования и закрепления;
- в целях использования полной мощности станка на черновых операциях приспособления должны иметь повышенную жесткость;
- обеспечение возможности обработки четырех и более отверстий с одного установа, а также возможности подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. При этом магазины инструментов вместимостью 10—20 инструментов применяют редко, так как практически для токарной обработки одной заготовки требуется не более 10 инструментов. Использование большего числа инструментов целесообразно только в случаях точения труднообрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости;
- так как перемещения в станке с ЧПУ происходят в системе заранее заданных координат, заготовка должна иметь полное базирование, обеспечивающее строго определенное ее положение относительно нулевой точки станка.

Режущий инструмент является составной частью станка с ЧПУ и его тщательному выбору и подготовке должно уделяться особое внимание. Это обусловлено высокой стоимостью данного оборудования и необходимостью обеспечения его максимальной производительности и более высокой точности обработки. Необходима также высокая надежность работы инструмента.

Режущий инструмент для станков с ЧПУ должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать высокие режущие характеристики;
- формировать эффективный отвод стружки;
- обеспечивать высокую точность обработки;
- быть универсальным;
- быть быстросменным при переналадке на другую обрабатываемую деталь или замене затупившегося инструмента.

Применение сборного инструмента со сменными многогранными пластинами (СМП) позволяет повысить эксплуатационные качества станка, обеспечивает значительную экономию дефицитных режущих материалов, создает условия для применения новых материалов для деталей.

В качестве материалов для режущего инструмента станков с ЧПУ используются твердые сплавы, керамика, сверхтвердые синтетические материалы и быстрорежущие стали.

Надежность, долговечность и стойкость сборного режущего инструмента зависят от правильного выбора способа крепления пластин.

Крепление пластин должно обеспечивать:

- их неподвижность в процессе резания;
- плотный контакт опорной поверхности пластины с опорной поверхностью державочной части;
- точность позиционирования;
- взаимозаменяемость режущих кромок при повороте и смене пластин;
- стабильность геометрии;
- дробление, завивание и надежный отвод стружки;
- минимальное время, необходимое для смены лезвий;
- компактность и технологичность инструмента.

Различают несколько основных схем механического крепления сборного инструмента со сменными многогранными пластинами (рис. 5.25).

Можно выделить следующие конструкторские решения.

1. Крепление пластины прихватом и винтом с разнонаправленной резьбой (рис. 5.26).

При такой схеме крепления СМП базируются в закрытом гнезде державки 1 по двум базовым поверхностям и сверху прижимаются к опорной поверхности прихватом 2. Быстрый съем СМП обеспечивается с помощью дифференциального винта 3. Опорная

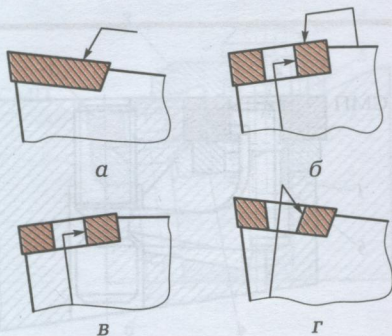


Рис. 5.25. Схемы крепления сборного инструмента с СМП:

а — прижимом сверху; б — штифтом и прижимом сверху; в — штифтом; г — винтом, вставленным в коническое отверстие

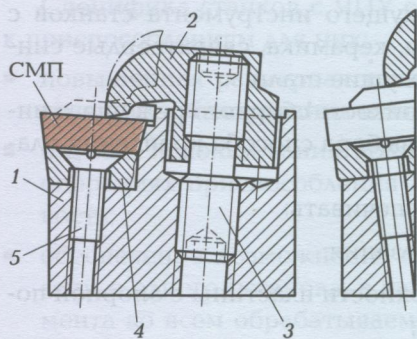


Рис. 5.26. Схема крепления пластины прихватом и винтом с разнорезной резьбой:

1 — державка; 2 — прихват; 3, 5 — винты; 4 — опорная пластина

твердосплавная пластина 4 закрепляется винтом 5 на державке резца, широко применяемого при точении и растачивании.

2. Крепление пластины с отверстием L-образным рычагом (рис. 5.27).

В закрытом гнезде державки 1 базируется СМП, а рычаг 2, приводимый в действие винтом 3, подтягивает ее к двум боковым стенкам гнезда и прижимает к опоре. Опорная пластина 4 закрепляется разрезной втулкой 5. Данная конструкция узла крепления обеспечивает возможность быстрого и точного поворота или смены СМП и надежного ее закрепления, а также позволяет применять различные пластины со сложной формой передней поверхности, обеспечивающие хорошее дробление стружки в широком диапазоне подач и глубин резания.

3. Крепление пластины с фасонным отверстием с помощью винта (рис. 5.28).

В данной конструкции СМП крепится с помощью винта 2 с конусной головкой непосредственно к опорной поверхности державки 1.

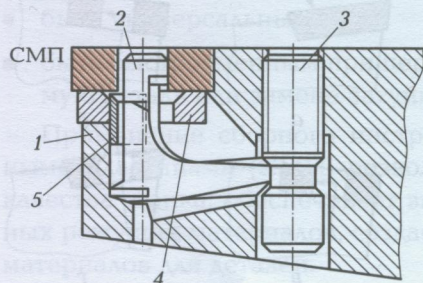


Рис. 5.27. Схема крепления пластины с отверстием L-образным рычагом:

1 — державка; 2 — рычаг; 3 — винт; 4 — опорная пластина; 5 — разрезная втулка

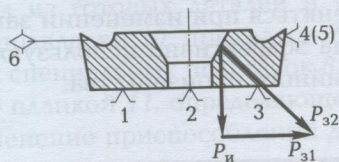
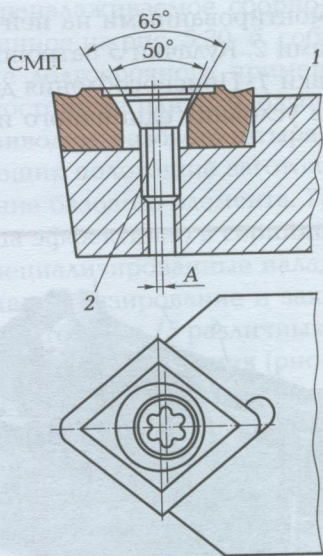


Рис. 5.28. Схема крепления пластины с фасонным отверстием с помощью винта:

1 — державка; 2 — винт; P_n , P_{31} , P_{32} — усилия, возникающие при затяжке винта

4. Крепление пластин с отверстием с помощью клина-прихвата (рис. 5.29).

Для станков с ЧПУ широко применяются наладки, komponye-
мые для комплекта заранее изготовленных универсальных устано-
вочных и зажимных элементов. Такие элементы устанавливаются
на базовой части приспособления — плите или угольнике.

На рис. 5.30, а показано универсально-безналадочное приспособ-
ление для станков с ЧПУ, представляющее собой плиту 4, на-

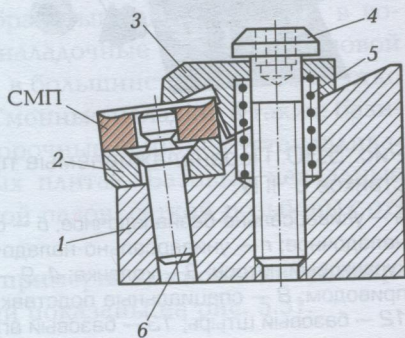


Рис. 5.29. Схема крепления пластин с отверстием клином-прихватом:

1 — державка; 2 — опорная пластина;
3 — клин; 4 — винт; 5 — пружина;
6 — штифт

которой установлена колонка 3 с смонтированными на ней стандартными трехкулачковыми патронами 2. Кулачки 5 патронов могут меняться при изменении заготовки 1. Приспособления данного типа эффективно используются в условиях единичного и мелкосерийного производства.

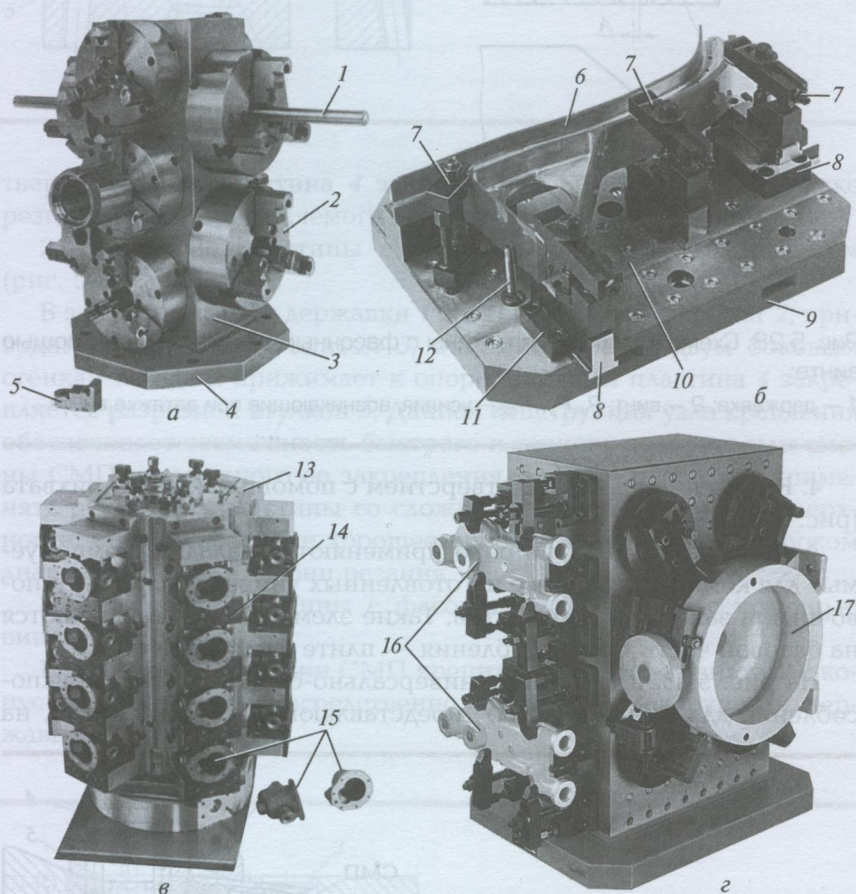


Рис. 5.30. Переналаживаемые приспособления различных типов для станков с ЧПУ:

а — универсально-безналадочное; *б* — сборно-разборное; *в* — специализированное наладочное; *г* — универсально-наладочное; 1, 6, 15–17 — заготовки; 2 — трехкулачковый патрон; 3 — колонка; 4, 9 — плиты; 5 — кулачок; 7 — прихваты с гидроприводом; 8 — специальные подставки; 10 — базовая подкладка; 11 — планка; 12 — базовый штырь; 13 — базовый агрегат; 14 — сменная наладка

Перенастраиваемое сборно-разборное приспособление (СРП), показанное на рис. 5.30, б, собирается как специальное приспособление долгосрочного применения из готовых деталей и узлов. Оно состоит из плиты 9, базовой подкладки 10, прихватов 7 с гидроприводом, базового штыря 12 и специальных подставок 8, фиксирующих положение заготовки 6 планкой 11, определяющей положение базового элемента. Применение приспособлений данного типа эффективно в серийном и крупносерийном производстве.

Специализированные наладочные приспособления (СНП) обеспечивают базирование и закрепление аналогичных по конфигурации заготовок 15 различных габаритных размеров с идентичными схемами базирования (рис. 5.40, в). Такое приспособление комплектуется из специализированного (по схеме базирования и виду обработки типовых групп заготовок) базового агрегата 13 и сменных наладок 14. Применение многоместных СНП эффективно при групповой обработке заготовок в крупносерийном производстве.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) (рис. 5.30, г) применяются на станках с ЧПУ в тех случаях, когда не требуется изменения их базовой части, а в зависимости от вида обрабатываемых заготовок 16 и 17 заменяется только сменная наладка. Приспособления данного типа применяются в условиях крупносерийного производства.

Для станков с ЧПУ применяются также универсально-сборные приспособления (УСП), состоящие из стандартных универсальных приспособлений, которые эффективны в условиях единичного и мелкосерийного производства. После обработки партии заготовок такие приспособления разбираются и их составные части могут вновь многократно использоваться в новых компоновках. Недостатком УСП является их невысокая жесткость.

Принципиальные отличия конструкций приспособлений для станков с ЧПУ от конструкций приспособлений для станков с ручным управлением наиболее существенные в станках фрезерно-сверлильно-расточной группы и обрабатывающих центрах, в которых применяются универсально-наладочные элементы (базовой частью являются накладные плиты, в большинстве случаев жестко закрепляемые на столах станков). Сменные наладки, а также базирующие, зажимные элементы и сборочные единицы устанавливаются и закрепляются на накладных плитах. Базовые накладные плиты выполняются с пазами, сеткой пазов, сеткой резьбовых отверстий и др.

Комплект столов-спутников и примеры компоновки универсально-наладочных приспособлений показаны на рис. 5.31.

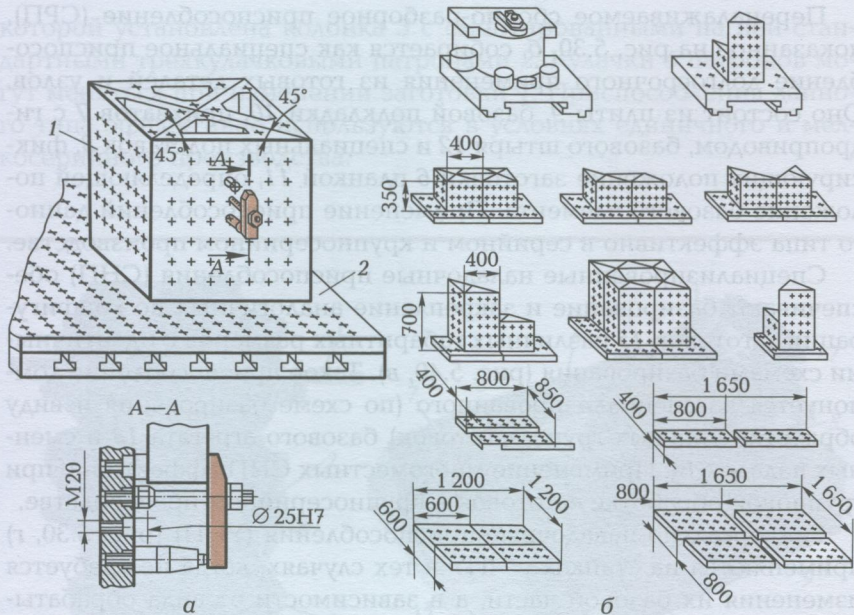


Рис. 5.31. Комплект столов-спутников (а) и примеры компоновок УНП (б):
1 — угольник; 2 — базовая плита с координатной сеткой

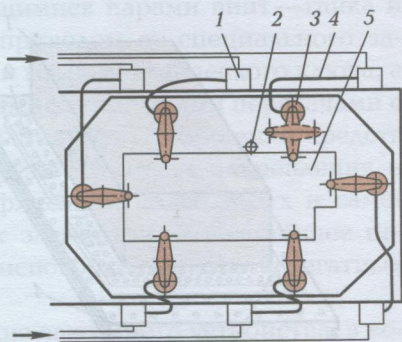
Комплект столов-спутников УНП (рис. 5.31, а) включает в себя унифицированные узлы: базовые плиты 2 и устанавливаемые на них угольники 1 с точно расположенной сеткой координатно-фиксирующих отверстий, верхняя часть которых цилиндрическая, а нижняя — резьбовая. Отверстия предназначены для установки и закрепления сменных наладок — базирующих и зажимных элементов комплекта. Различные компоновки угольников на базовой плите (рис. 5.31, б) обеспечивают возможность сборки широкой номенклатуры приспособлений, в том числе многоместных. Приспособления могут устанавливаться как на столе станка, так и на столах-спутниках. После обработки в цеху требуемой партии заготовок приспособление передается на участок сборки-разборки. Недостатком такой системы является ручное закрепление заготовок.

Применение комплекта столов-спутников обеспечивает:

- возможность разработки управляющих программ для технологического процесса обработки широкой номенклатуры заготовок;
- сокращение времени и расходов на проектирование и изготовление приспособлений;

Рис. 5.32. Схема закрепления заготовки гидравлическим зажимным устройством с поворотными прихватами:

1 — золотник; 2 — инструмент; 3 — зажимное устройство с поворотным прихватом; 4 — трубопровод; 5 — заготовка



- повышение производительности труда при компоновке приспособлений;
- высокую точность базирования заготовок и их ориентацию относительно начала координат станка (нулевой точки);
- сокращение времени технологической подготовки производства.

Существуют различные компоновки приспособлений для обработки заготовок с четырех или с пяти сторон.

На рис. 5.32 показана схема закрепления заготовки гидравлическими зажимными устройствами с поворотными прихватами.

Здесь каждое из зажимных устройств 3 соединено трубопроводом 4 с золотником 1, управляемым от системы с ЧПУ, что обеспечивает автоматический зажим заготовки 5 при проходе инструментом 2 (фрезой) мест ее крепления и позволяет полностью об-

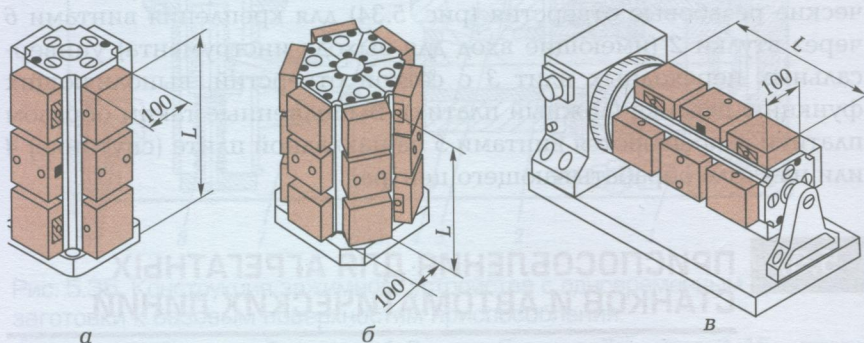


Рис. 5.33. Многоместные приспособления (а—в) для станков с ЧПУ:

L — максимальный размер заготовки, устанавливаемой в приспособлении

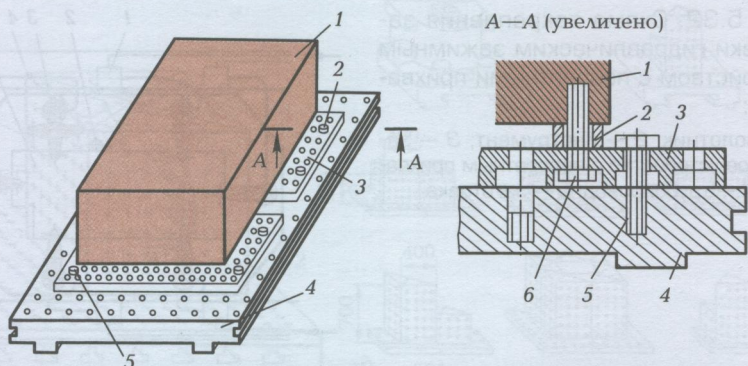


Рис. 5.34. Схема закрепления заготовки с ложными пластиками:

1 — заготовка; 2 — втулка; 3 — плата с сеткой отверстий; 4 — накладная плата (спутник); 5, 6 — винты

работать контур заготовки по заданной программе. При подходе фрезы к прихвату он автоматически поворачивается, оставляя заготовку временно закрепленной другими прихватами. При подходе инструмента к следующим прихватам они также поочередно поворачиваются, обеспечивая автоматический перехват заготовки.

Для обеспечения возможности обработки заготовки с четырех сторон с одного установка на станках с ЧПУ с горизонтальным шпинделем применяются различные многоступенчатые приспособления (рис. 5.33), устанавливаемые на поворотных столах.

Заготовки корпусных деталей, имеющие большие пластики, закрепляются прихватами или болтами, проходящими через крепежные отверстия на пластиках. При отсутствии пластиков на нижней установочной поверхности заготовки нарезаются технологические резьбовые отверстия (рис. 5.34) для крепления винтами 6 через втулки 2 (имеющие вход для выхода инструмента) универсальных переходных плит 3 с сеткой отверстий, выполняющих функцию пластика (ложный пластик). Выполненные таким образом пластики закрепляются винтами 5 на накладной плате (спутнике) 4 или на столе обрабатывающего центра.

5.5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ И АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Для надежного закрепления заготовки в приспособлениях для агрегатных станков и автоматических линий применяются специ-

альные механизмы с самотормозящимися парами винт — гайка и электро- или гидромеханическим приводом от специального зажимного устройства — электро- или гидромеханического ключа, а также механизмы с самотормозящимися клиновыми передачами с приводом от гидро- или пневмоцилиндров. Применение средств автоматизации установки и снятия заготовки, ее закрепления и раскрепления, подвода, отвода и фиксации подводимых и самоустанавливающихся опор и других элементов — важнейшее направление в проектировании приспособлений для агрегатных станков и автоматических линий.

На рис. 5.35 показана конструкция зажимного устройства, в котором зажим заготовки *16* сочетается с поджимом ее к базовым поверхностям приспособления.

При подаче масла в штоковую полость гидроцилиндра поршень *1* через связанный с ним шток *2*, передний конец которого выполнен в виде двухскосного клина, воздействует на толкатель *13*, вращающийся на оси *4*. При подъеме толкателя *13* прихват *14* зажимает заготовку. При этом соответственно отрегулированный винт

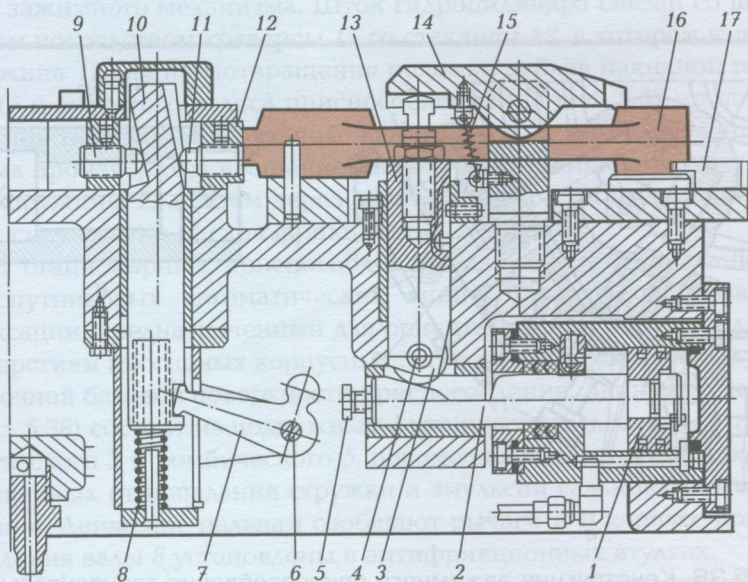


Рис. 5.35. Конструкция зажимного устройства с одновременным прижимом заготовки к базовым поверхностям приспособления:

1 — поршень; 2 — шток; 3 — ролик; 4, 6 — оси; 5 — винт; 7 — рычаг; 8, 15 — пружины; 9, 11 — упоры; 10 — клиновидный плунжер; 12 — ползушка; 13 — толкатель; 14 — прихват; 16 — заготовка; 17 — призма

5 освобождает рычаг 7, качающийся на оси 6. Под действием пружины 8 клиновидный плунжер 10 перемещается вверх, нажимая на упор 11, перемещает ползушку 12 и подает заготовку в зев призмы 17. При ходе поршня ползушка отводится влево. В этом случае с помощью рычага 7 отводится вниз клиновидный плунжер 10 и пружина 8 сжимается. Обратный скос плунжера 10 нажимает на упор 9 и отводит ползушку 12 от обработанной детали. Прихват 14 отводится от детали пружиной 15.

На рис. 5.36 приведены конструкция зажимного приспособления горизонтального шестипозиционного агрегатного станка с поворотным барабаном и заготовка из трубы.

На каждой из шести позиций станка устанавливается одно двухместное приспособление для обработки заготовки. При этом базой служат торец и наружная цилиндрическая поверхность трубы. Приспособление представляет собой поворотный делительный барабан 6 с горизонтальной осью, на гранях которого установлены двухместные зажимные устройства 9, состоящие из унифицированного винтового зажима 10, приводного механизма 11 и базовых элементов 7.

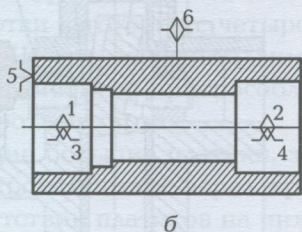
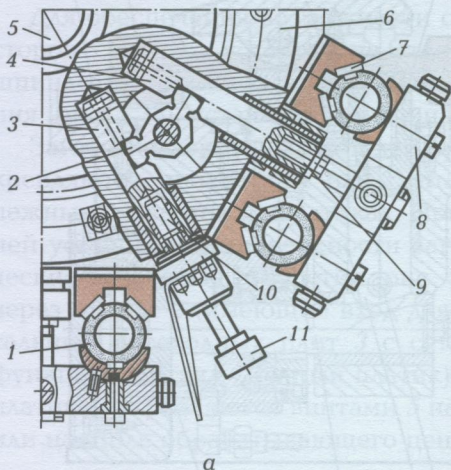


Рис. 5.36. Конструкция зажимного приспособления горизонтального шестипозиционного станка с поворотным барабаном (а) для обработки заготовки из трубы (б):

1 — заготовка; 2 — рычаг; 3, 4 — тяги; 5 — вал; 6 — барабан; 7 — базовый элемент; 8 — прихват; 9 — зажимное устройство; 10 — винтовой зажим; 11 — приводной механизм

Корпус барабана 6 установлен на валу 5. Винтовой зажим 10 имеет тягу 4, перемещающуюся в стакане. Тяга 4, несущая двухместный качающийся на оси прихват 8, соединена рычагом 2 с тягой приводного механизма. Заготовка 1 вводится сбоку (справа) в пространство между призмами до упора в опорную планку. Приводом зажима служит электромеханический ключ, приводящий во вращение через механизм 11 винтовой зажим 10. При этом тяга 3, перемещаясь, поворачивает рычаг и передает усилие тяге 4, передвигая ее вместе с прихватом 8. Происходит зажим заготовки, а затем при повороте барабана — периодический перенос ее на следующие рабочие позиции.

Конструкция электромеханического ключа с регулируемым моментом зажима представлена на рис. 5.37.

Ключ состоит из корпуса 7 с закрепленным на нем электродвигателем 9, передающим вращение шпинделю 14 через фрикционную муфту 8 (с ведомыми дисками 6), плавающий вал 5 и зубчатые колеса 4, 17, 18. Конец шпинделя через крестовую муфту 16 соединен с накидной головкой 15, которая входит в зацепление с помощью гидроцилиндра 10 с зубчатым колесом — выходным элементом зажимного механизма. Шток гидроцилиндра связан со шпинделем посредством траверсы 11 со стаканом 13, в котором имеется пружина 12 для предотвращения поломки зубьев накидной головки 15 и зубчатого колеса приспособления (на рис. 5.47 не показано) при несовпадении их положений. Регулирование момента зажима производится вращением винта 1, применяющим силу сжатия пружины 2, а затем через втулку качения 3 и плавающий вал 5 — силу сжатия дисков фрикционной муфты 8.

В стационарных приспособлениях для агрегатных станков и беспутниковых автоматических линий применяется механизм фиксации, предназначенный для ориентирования по контрольным отверстиям массивных корпусных заготовок, находящихся на установочной базовой поверхности приспособления. Данный механизм (рис. 5.38) состоит из подвижных фиксирующих пальцев — цилиндрического 3 и ромбического 5, перемещающихся во втулках и защищенных от попадания стружки и эмульсии сальниками и фланцами 4. Движение пальцам сообщают рычаги 7. В корпусе приспособления валы 8 установлены в антифрикционных втулках.

Для удобства монтажа вала вместе с рычагом в корпусе приспособления с одной стороны предусмотрено отверстие с окном, закрываемым фланцем 1. На одном конце каждого из валов со стороны фланца посажены на шпонке рычаги 2, которые соединены тягой 6. На другой конец одного из валов надевается рукоятка

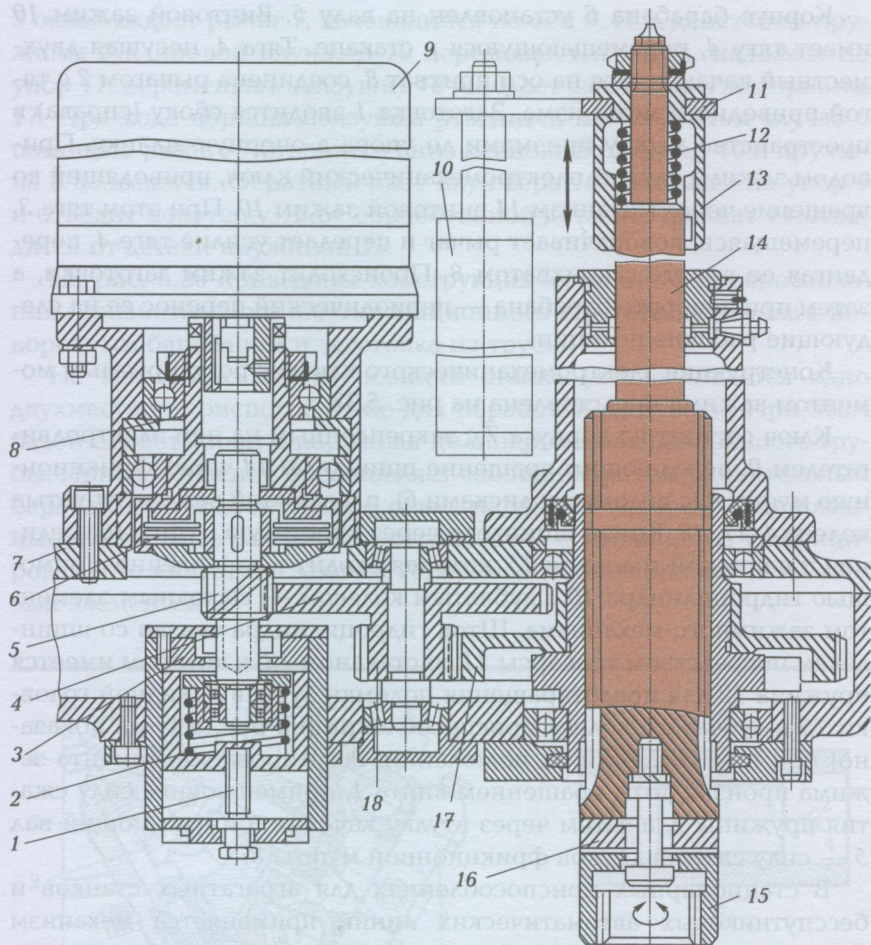


Рис. 5.37. Конструкция электромеханического ключа:

1 — винт; 2, 12 — пружины; 3 — втулка качения; 4, 17, 18 — зубчатые колеса; 5 — плавающий вал; 6 — ведомый диск; 7 — корпус; 8 — фрикционная муфта; 9 — электродвигатель; 10 — гидроцилиндр; 11 — траверса; 13 — стакан; 14 — шпindelь; 15 — накидная головка; 16 — крестовая муфта

ручного привода или рычаг гидропривода. При повороте привод одного из валов 8 через тягу 6 передает движение другому валу, т. е. валы с помощью рычагов 7 вводят пальцы 3 и 5 в заготовку (и выводят из нее).

Приспособления-спутники для автоматических линий состоят из узлов, в которых скомпонованы элементы базирования, фикс-

Базирование заготовок в приспособлениях-спутниках может выполняться:

- по плоскости и двум отверстиям (крышки, корпуса);
- по плоскости и центральному отверстию либо по наружной цилиндрической поверхности с фиксацией (при необходимости) углового положения заготовки (диски, станины, ступицы колес);
- в самоцентрирующих патронах (тормозные барабаны, звездочки);

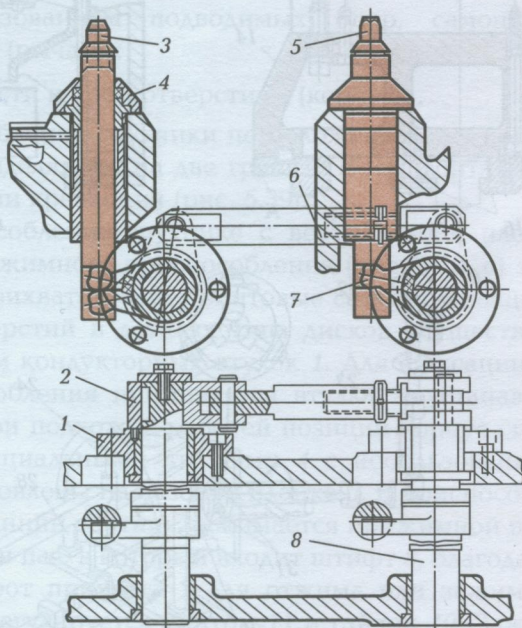


Рис. 5.38. Конструкция механизма фиксации заготовок:
1, 4 — фланцы; 2, 7 — рычаги; 3 — цилиндрический палец; 5 — ромбический палец;
6 — тяга; 8 — вал

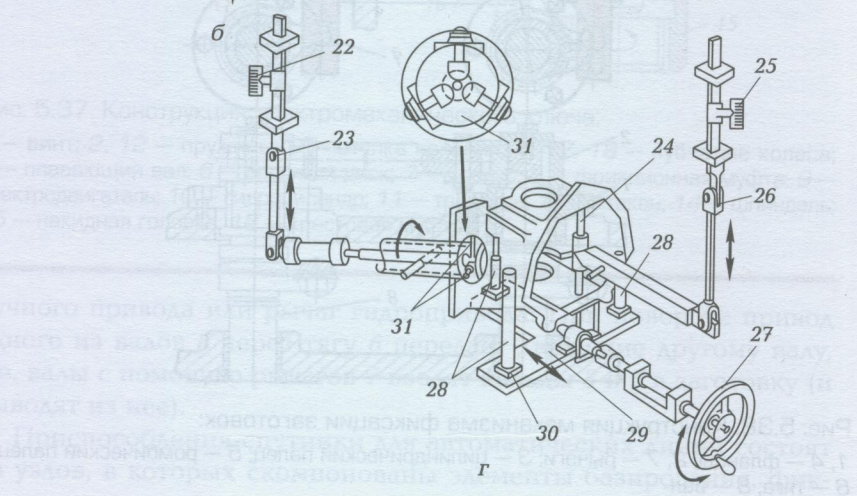
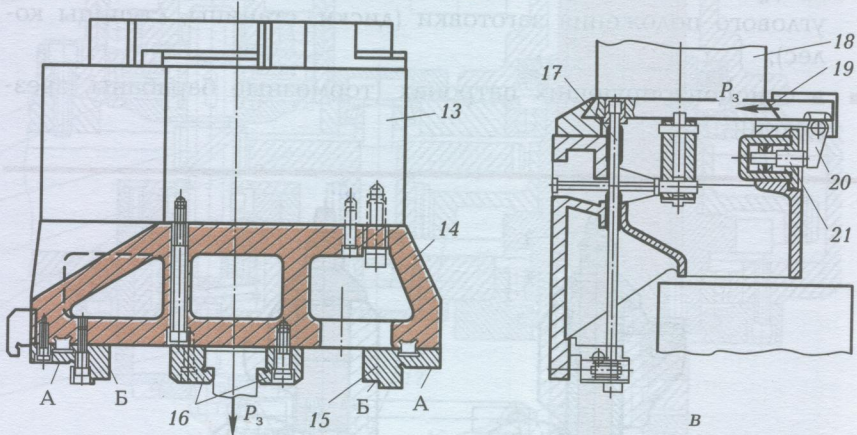
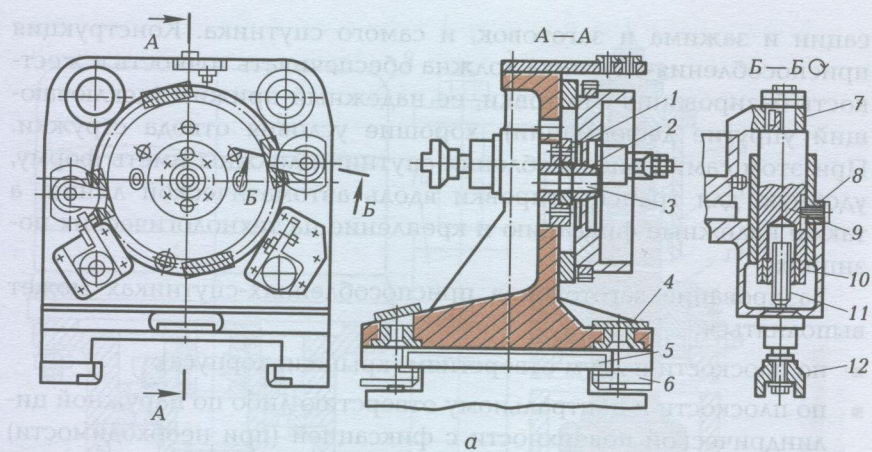


Рис. 5.39. Конструкции приспособлений-спутников с вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостями для установки зажимного приспособления, механизма фиксации и зажима спутника (в) и устройства для ориентации заготовки в зажимном приспособлении (г):

1 — кондукторная втулка; 2 — базовая втулка; 3 — фланец; 4 — втулка фиксации спутника; 5 — базовая планка механизма фиксации и зажима спутника; 6 — прижимная планка спутника; 7 — прихват; 8 — штифт; 9 — тяга; 10 — гайка; 11 — винт; 12 — полумуфта; 13 — приспособление для ориентации и зажима заготовок; 14 — плита-платформа; 15 — пластик; 16 — планка; 17 — палец для фиксации спутника; 18 — спутник; 19 — клиновый механизм; 20 — качающийся рычаг; 21 — гидроцилиндр; 22, 25 — стрелочные указатели; 23, 26 — вертикальные рычаги; 24 — распорка; 27 — маховик; 28 — рычаги; 29 — ползушка; 30 — клиновидный пластик; 31 — трехкулачковый патрон

- в призмах (валы, крестовины);
- по необработанной плоскости и двум конусным отверстиям (картеры);
- с использованием подводимых опор, самоцентрирующих устройств (рычаги);
- по плоскости и трем отверстиям (корпуса).

Приспособления-спутники по положению оси крепления заготовки подразделяются на две группы: с горизонтальной и вертикальной осями крепления (рис. 5.39).

В приспособлении-спутнике с вертикальной плоскостью для установки зажимного приспособления (рис. 5.39, а) заготовки зажимаются прихватом через винтовые самотормозящие пары. Обработка отверстий в деталях типа дисков осуществляется с использованием кондукторных втулок 1. Для фиксации базовой части приспособления применяется втулка 2, устанавливаемая на фланце 3. При подходе к рабочей позиции корпус спутника фиксируется специальными втулками 4 с использованием патрона. Втулки установлены на базовой планке 5. В приспособлении автоматической линии спутник зажимается прижимной планкой 6. На тяге 9 имеется паз, в который входит штифт 8, благодаря чему возможен поворот прихвата 7 для отжима или зажима заготовки. Длина тяги регулируется винтом 11 и гайкой 10. Зажим осуществляется с помощью механического ключа через полумуфту 12.

Широко применяются приспособления-спутники с плоской горизонтальной поверхностью для крепления зажимных приспособ-

блений (рис. 5.39, б). Обычно это линии для обработки больших заготовок.

Базирование на автоматических линиях приспособлений-спутников осуществляется в основном двумя способами: по нижним опорным плоскостям с прижимом сверху и по верхним плоскостям с прижимом снизу.

В конструкции на рис. 5.39, б спутник базируется по плоскостям А. Плоскости Б платиков 15 служат для перемещения спутника по планкам транспортера. Прижим с усилием P_3 обеспечивается с помощью планок 16 и Т-образных прихватов, расположенных по оси спутника. Данный спутник состоит из унифицированной плиты-платформы 14 и приспособления 13, предназначенного для ориентации и зажима заготовок. Составная конструкция позволяет широко унифицировать отдельные элементы спутника.

Базирование по верхним плоскостям применяется для защиты от попадания на них стружки и грязи, поэтому в этом случае базы более долговечны. Точность и стабильность базирования во многом зависят от конструкции механизмов фиксации и зажима спутника.

На рис. 5.39, в показана рекомендуемая конструкция механизма зажима и фиксации спутника на рабочей позиции автоматической линии, предназначенного для обработки деталей карбюратора. Здесь спутник 18 фиксируется с помощью пальца 17, а прижим с усилием P_3 обеспечивается клиновым механизмом 19, приводимым в действие качающимся рычагом 20 от гидроцилиндра 21.

Устройство для ориентации заготовок, показанное на рис. 5.39, г, смонтировано на загрузочной позиции. Заготовка устанавливается на ползушку 29 с тремя клиновидными платиками 30, которая перемещается вручную с помощью маховика 27 в горизонтальной плоскости. На заготовке выполнены три технологических прилива, которыми она опирается на базовые поверхности зажимного приспособления. При горизонтальном перемещении ползушки связанные с ней рычаги 28 приподнимают или опускают отливку. В наклонное отверстие сзади заготовки вводится трехкулачковый патрон 31, винт которого шарнирно связан с вертикальным рычагом 23. В большую полость отливки вставляется распорка 24, связанная со вторым вертикальным рычагом 26. Указанные устройства, служащие для подъема, опускания, поворота и наклона заготовки, снабжены стрелочными указателями 25 и 22, которые на шкалах отмечают ее положение. После выверки и придания отливке правильного положения в зажимном устройстве спутника оператор выполняет ее закрепление.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой приспособления для токарных станков?
2. Какие различают конструкции патронов?
3. Какие существуют приспособления для установки валов в центрах?
4. Какие конструкции оправок применяются для токарных станков?
5. Для чего применяются планшайбы?
6. Какие существуют приспособления для сверлильных станков?
7. Для чего предназначены кондукторы при сверлении?
8. Для чего используются поворотные столы?
9. Какие универсальные приспособления применяются для фрезерных станков?
10. В чем состоит особенность базирования приспособлений для фрезерных станков?
11. Чем отличаются приспособления для станков с ЧПУ от обычных станочных приспособлений?
12. Какие требования предъявляются к режущему инструменту для станков с ЧПУ?
13. Какие приспособления применяются для автоматических линий?

СБОРОЧНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

6.1. СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Сборка — образование соединений составных частей изделия.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица (узел) — изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе с использованием сборочных операций. Технологическим признаком сборочной единицы является возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия.

Комплекс — два и более специализированных изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплект — два и более изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций, но представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект инструментов).

Базовый элемент — элемент, с которого начинают общую сборку изделия или его составной части (например, станина для станка).

Размерная цепь — замкнутая цепь взаимосвязанных размеров отдельной детали или сборочной единицы. Размерная цепь состоит из составляющих звеньев и исходного или замыкающего звена.

Замыкающее (исходное) звено размерной цепи — звено, определяющее норму точности, которую необходимо обеспечить при сборке для получения эксплуатационных характеристик собираемого изделия. Размеры и отклонения замыкающего звена можно

на чертеже не оговаривать, и тогда они будут определяться допустимыми отклонениями составляющих размерную цепь элементов деталей. Размеры и отклонения замыкающего звена могут быть оговорены на сборочном чертеже станка, узла, а также в технических требованиях на приемку станка и в другой документации. К требованиям на приемку станка можно отнести допустимое несовпадение осей передней и задней бабок токарного станка, допустимое отклонение от параллельности осей ходового винта и валика направляющей станины станка, допустимую непараллельность шпинделя к плоскости стола фрезерного станка и др.

Технологические процессы сборки изделия должны разрабатываться раньше, чем технологические процессы изготовления большинства деталей. Такая последовательность позволяет своевременно вносить изменения в конструкцию изделия, если выявлено, что невозможно осуществить процессы сборки или обеспечить их требуемую точность.

Порядок разработки технологии сборки следующий:

- в зависимости от программы устанавливается целесообразная организационная форма сборки, определяются ее такт и ритм. В зависимости от видов и условий производства различают непоточную и поточную сборки. Непоточная сборка характеризуется тем, что весь процесс сборки выполняется на одной сборочной позиции (стенде, станке, рабочем месте). Поточная сборка характеризуется тем, что отдельные операции выполняются за одинаковый промежуток времени — такт или через кратный такту промежуток времени (изготовление крупных изделий и изделий массового выпуска);
- проводятся изучение и технологический анализ чертежей сборочных единиц и чертежей входящих в них деталей с позиций обработки технологичности конструкции;
- проводится размерно-точностной анализ собираемых изделий с выполнением размерных расчетов и устанавливаются рациональные методы обеспечения требуемой точности сборки;
- обеспечивается целесообразная степень расчленения сборочного процесса;
- устанавливается последовательность соединения всех сборочных единиц и деталей изделия и составляются схемы общей сборки и узловых сборок изделия;
- определяются наиболее производительные и экономичные способы соединения, проверки положения и фиксации составляющих изделие сборочных единиц и деталей. Устанавливаются со-

держание технологических операций сборки, методы контроля и испытания изделий;

- разрабатывается необходимая технологическая оснастка;
- производится нормирование сборочных работ, рассчитываются экономические показатели процесса сборки;
- оформляется технологическая документация.

Сборочные приспособления. Для ручной сборки широко применяются переносные сборочные приспособления (рис. 6.1).

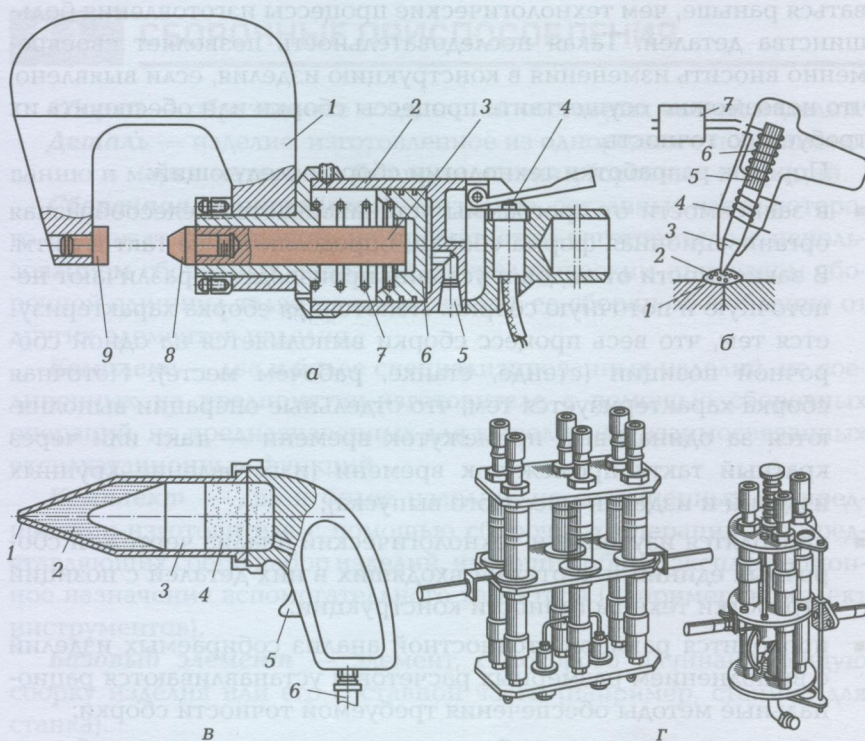


Рис. 6.1. Конструкции переносных сборочных приспособлений:

а — пресс-скобы для клепки: 1 — скоба; 2 — гидроцилиндр; 3 — шток; 4 — рукоятка; 5 — отверстие для масла; 6 — поршень; 7 — пружина; 8 — ударник; 9 — упор; б — ультразвукового паяльника: 1 — оксидная пленка; 2 — припой; 3 — рабочий наконечник; 4 — электрическая обмотка; 5 — ферромагнитный стержень; 6 — обмотка возбуждения; 7 — высокочастотный генератор; в — пневматического шприца для шовного нанесения клея: 1 — сопло; 2 — клей; 3 — поршень; 4 — воздушная камера; 5 — курок; 6 — подвод сжатого воздуха; г — подвесных многошпиндельных гайковертов

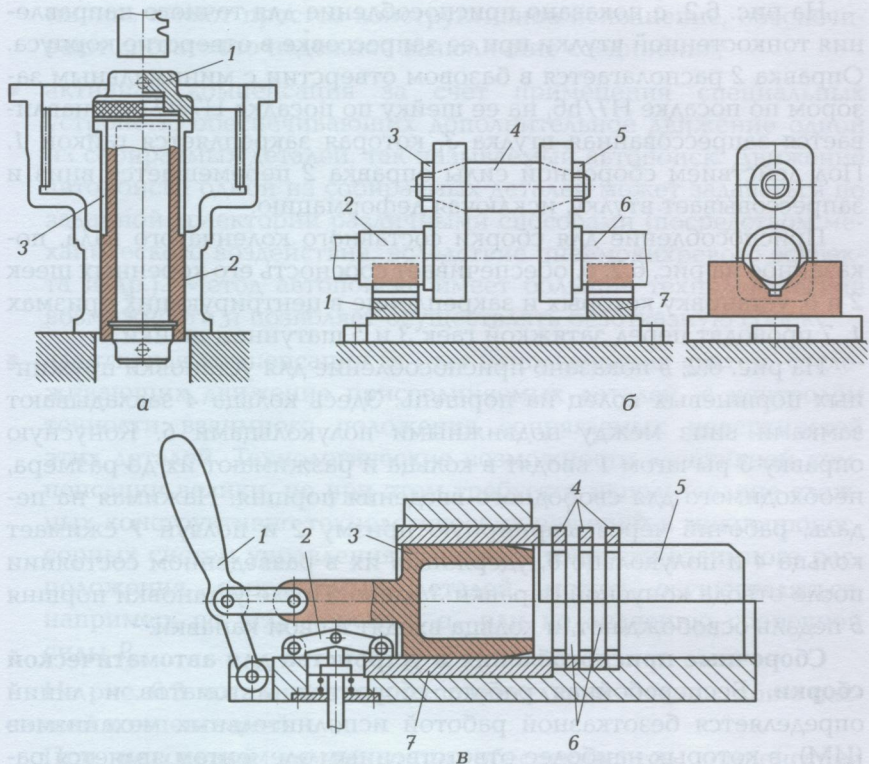


Рис. 6.2. Сборочные приспособления для точной взаимной ориентации собираемых деталей:

а — при запрессовке тонкостенной втулки: 1 — гайка; 2 — оправка; 3 — втулка; б — при сборке составного коленчатого вала: 1, 7 — центрирующие призмы; 2, 6 — коренные шейки; 3, 5 — гайки; 4 — шатунная шейка; в — при установке пружинных поршневых колец на поршень: 1 — рычаг; 2 — шарнирная призма; 3 — конусная оправка; 4 — кольца; 5 — поршень; 6 — полукольца; 7 — ползун

К переносным сборочным приспособлениям относятся, например, пресс-скобы для запрессовки и клепки, подвесные одно- и многошпиндельные гайковерты и винтоверты, ультразвуковые паяльники, ручные дозаторы или пневматические шприцы для шовного нанесения клея и т.п. Такие приспособления обычно подвешиваются на рабочем месте сборщика, а при выполнении сборочной операции они либо устанавливаются на собираемом изделии (рис. 6.1, а), либо рабочий удерживает их в руках (рис. 6.1, б, в), либо они так и находятся на подвеске (рис. 6.1, г).

Сборочные приспособления для точной взаимной ориентации собираемых деталей или частей узла показаны на рис. 6.2.

На рис. 6.2, а показано приспособление для точного направления тонкостенной втулки при ее запрессовке в отверстие корпуса. Оправка 2 располагается в базовом отверстии с минимальным зазором по посадке H7/h6, на ее шейку по посадке H7/f7 устанавливается запрессованная втулка 3, которая закрепляется гайкой 1. Под действием сборочной силы опрoвка 2 перемещается вниз и запрессовывает втулку, исключая деформацию.

Приспособление для сборки составного коленчатого вала, показанное на рис. 6.2, б, обеспечивает соосность его коренных шеек 2 и 6, установку которых и закрепление в центрирующих призмах 1, 7 проводят перед затяжкой гаек 3 и 5 шатунной шейки 4.

На рис. 6.2, в показано приспособление для установки пружинных поршневых колец на поршень. Здесь кольца 4 закладывают замками вниз между подвижными полукольцами 6. Конусную оправку 3 рычагом 1 вводят в кольца и разжимают их до размера, необходимого для свободного введения поршня. Нажимая на педаль, рабочий через шарнирную призму 2 и ползун 7 сжимает кольца 4 и полукольцо 6, удерживая их в разведенном состоянии после отвода конусной оправки 3 влево. После установки поршня 5 педаль освобождают, и кольца входят в свои канавки.

Сборочные приспособления и устройства для автоматической сборки. Бесперебойная работа сборочных автоматов и линий определяется безотказной работой исполнительных механизмов (ИМ), в которых наиболее ответственным элементом является рабочий орган, непосредственно выполняющий заданное соединение. Конструкция и принцип работы этого рабочего органа должны позволять детали перемещаться в зоне сборки, компенсируя линейные и угловые смещения.

Различают три механизма компенсации имеющихся погрешностей положения при выполнении соединения:

- пассивная компенсация за счет зазоров между ориентирующим устройством и собираемой деталью или за счет упругих отжатий элементов технологической системы — рабочего органа или сборочного приспособления с собираемыми деталями. При этом одна из собираемых деталей базируется жестко (чаще всего это базовая деталь или собираемый узел), а другая — имеет возможность самоустанавливаться, перемещаясь и поворачиваясь в пределах зазора в ориентирующем устройстве или деформируя упругие элементы, специально установленные в рабочем органе исполнительного механизма. Способы пассивной компенсации, основанные на взаимодействии собираемых деталей при воздействии сборочной силы $P_{сб}$, просты, эконо-

мичны, имеют простое конструктивное исполнение, обеспечивают достаточно надежное выполнение соединения;

- активная компенсация за счет применения специальных устройств, обеспечивающих дополнительное движение одной из собираемых деталей, так называемый автопоиск. Движение автопоиска одной из собираемых деталей может задаваться по заданной траектории различными способами (посредством механического воздействия, вследствие пневмовихревого эффекта и др.). Метод автопоиска имеет большие технологические возможности и позволяет осуществлять безотказную сборку;
- адаптивная компенсация за счет использования систем, отслеживающих движение присоединяемых деталей, с контролем точности взаимного положения сопрягаемых поверхностей этих деталей. Технологические возможности адаптивной компенсации велики, но при этом требуется использование сложных конструктивно-технологических решений и микропроцессорных систем управления. Контроль точности взаимного расположения сопрягаемых деталей может осуществляться, например, по углу перекоса α_Δ или по значению сборочной силы $P_{сб}$.

На рис. 6.3 показаны типы исполнительных механизмов с пассивной компенсацией.

При **пассивной компенсации** обеспечивается компенсация смещений (рис. 6.3, а)

$$\Delta_\Sigma = \sum f_i \pm (\delta_c/2) + \sum (\delta_{ni}/2),$$

где $\sum f_i$ — сумма катетов фасок; δ_c — минимальный зазор или максимальный натяг в соединении; $\sum (\delta_{ni}/2)$ — сумма радиальных зазоров расточек или выточек на торцах сопрягаемых деталей.

На рис. 6.3, б, в показаны конструктивные решения сборочных исполнительных механизмов для выполнения соединений с зазором со ступенчатыми стержневым и втулочным ловителями, обеспечивающими компенсацию смещений и перекоса сопрягаемых поверхностей за счет зазора δ_λ .

Исполнительный механизм со стержневым ловителем применяется для деталей, имеющих осевое отверстие (втулки, кольца), а исполнительный механизм с втулочным ловителем — для сплошных деталей без осевого отверстия (валиков, пробок, заглушек). Выточки ($D_{\lambda 1} - D_{\lambda 2}$) и расточки ($d_{\lambda 2} - d_{\lambda 1}$) на ловителях, а также торцевые расстояния l'_T и l_T позволяют присоединяемым деталям по-

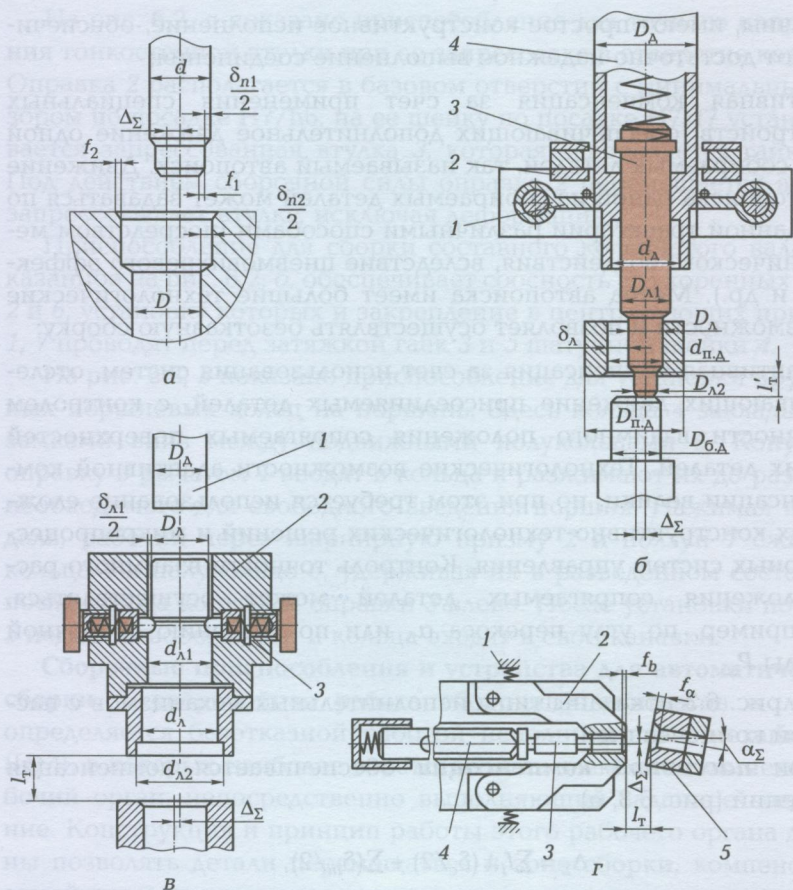


Рис. 6.3. Исполнительные механизмы с пассивной компенсацией:

а — схема взаимодействия сопрягаемых деталей; б — конструкция сборочного механизма со ступенчатым стержневым ловителем; 1 — удерживающие элементы; 2 — лоток; 3 — стержневой ловитель; 4 — досылатель; в — конструкция сборочного механизма со ступенчатым втулочным носителем: 1 — досылатель; 2 — ловитель; 3 — шариковый фиксатор; г — схема исполнительного механизма для подачи шатунных болтов в подпружиненных призмах: 1 — пружина; 2 — раскрывающиеся призмы; 3 — шатунный болт; 4 — досылатель; 5 — отверстие шатуна с крышкой; d, D — диаметры сопрягаемых деталей; d_n, D_n — внутренний и наружный диаметр досылателя; δ_n — зазор между ловителем и присоединяемой деталью; $D_{пд}, d_{пд}$ — диаметры подаваемой детали; $D_{бд}$ — диаметр базовой детали; D_n, d_n — диаметры ловителя; α — угол перекося; α_Σ — угловое суммарное смещение; f_a, f_b — размеры фасок деталей

ворачиваться и перемещаться по фаскам базовой сопрягаемой поверхности до начала выполнения сопряжений.

На рис. 6.3, г показана схема исполнительного механизма для подачи шатунных болтов в подпружиненных раскрывающихся призмах. В этом механизме компенсацию имеющих линейных и угловых погрешностей взаимного положения сопрягаемых поверхностей Δ_{Σ} и α_{Σ} осуществляют за счет пониженной жесткости конструкции рабочего органа.

Рабочие органы с устройствами **активного поиска** придают одной из собираемых деталей (или обоим) дополнительное движение, которое позволяет ей (им) совершать движение в плоскости, перпендикулярной рабочему движению сопряжения по разным траекториям, и поворачиваться, отклоняясь от вертикальной оси на угол, компенсирующий имеющиеся погрешности взаимного положения сопрягаемых поверхностей на сборочной позиции: Δ_{Σ} и α_{Σ} . Такие рабочие органы расширяют технологические возможности исполнительных механизмов, позволяя собирать детали со значительными смещениями и перекосами сопрягаемых поверхностей, и, кроме того, компенсируют влияние погрешностей их формы.

На рис. 6.4, а приведена схема исполнительного механизма для установки распределительных валов в блок цилиндров двигателя. Распределительный вал 7 захватывается полусферическими центрами 6, 8 центровых ловителей 2, 10, один из которых размещен в досылателе 3, а другой — в направляющей скалке 12 с диаметрными зазорами $\delta_{\lambda 1}$ и $\delta_{\lambda 2}$. В процессе сборки распределительный вал 7 с напрессованным зубчатым колесом механизма газораспределителя центрируется сферической направляющей скалки 12. Шейки распределительного вала 7 перед началом сопряжения с соответствующим подшипником скольжения блока цилиндров 11 сферический ловитель 9 центрирует по сопрягаемому отверстию. Сферический ловитель 9 закреплен на центровом ловителе 10, расположенном в скалке 12. Центровые ловители 2, 10 закреплены на осях 4 с зазором, что позволяет им устанавливаться и поворачиваться в пределах зазоров δ за счет сжатия резиновых колец 5. Ловитель, установленный в досылателе 3, передает сборочную силу $P_{сб}$ на сопрягаемую деталь — распределительный вал, а поводок 1 передает вращательное движение.

Метод вихревого ориентирования детали в зоне сборки состоит в том, что одну из собираемых деталей помещают со значительным зазором в вихревую трубку 2 (рис. 6.4, б). Число сопел, через которые в трубку поступает воздух, может быть равно трем или четырем. Технологические возможности пневмовихревых устройств зависят от размеров, массы присоединяемой детали и от конструк-

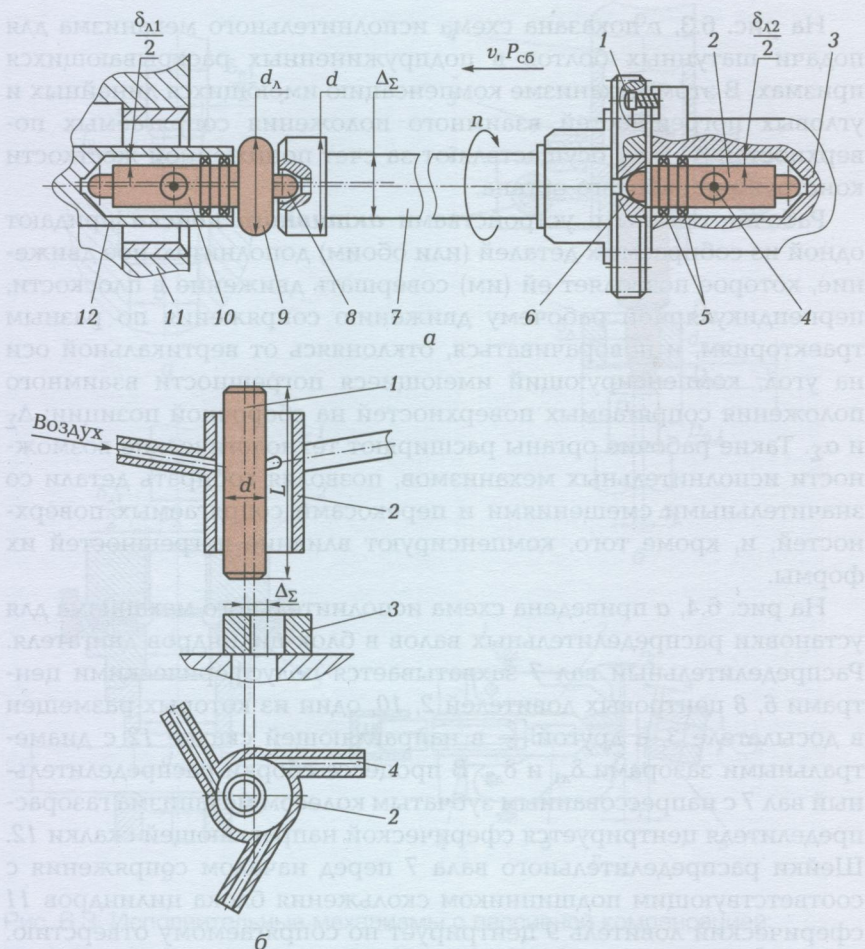


Рис. 6.4. Исполнительные механизмы активного поиска:

а — схема исполнительного механизма для установки валов в блок цилиндров двигателя: 1 — поводок; 2, 10 — центровые ловители; 3 — досылатель; 4 — ось; 5 — резиновое кольцо; 6, 8 — полусферические центры; 7 — распределительный вал; 9 — сферический ловитель; 11 — блок цилиндров; 12 — скалка; v — скорость движения детали; n — частота вращения; d — диаметр вала; d_{Λ} — диаметр ловителя; б — схема пневмовихревого устройства: 1 — присоединяемая деталь; 2 — вихревая труба; 3 — базовая деталь; 4 — тангенциальное сопло; d , L — размеры детали

тивных параметров рабочего органа исполнительного механизма: диаметра и длины вихревой трубки 2, диаметра и угла наклона тангенциальных сопел 4, режима сборочного процесса — давления сжатого воздуха. От этих параметров зависит также время

ориентирования и сопряжения, т.е. производительность исполнительного механизма.

Конструкция **адаптивного** исполнительного механизма для сопряжения деталей изображена на рис. 6.5.

На ползуне 1 исполнительного механизма жестко установлена платформа 10, на которой закреплены четыре датчика 4 измерения сил. На верхней части датчиков установлена подвеска 3 с закрепленным на ней досылателем 5. Ползун посредством реечной передачи связан с датчиком 2 измерения перемещений. На сборочной позиции 9 базовая деталь 7 установлена в сборочное приспособление 8, сконструированное по принципу двухкоординатного стола, обеспечивающего малые перемещения в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

В процессе сопряжения деталей при движении ползуна исполнительного механизма может произойти увеличение допустимой сборочной силы из-за перекоса осей собираемых деталей вследствие влияния разных погрешностей взаимной ориентации. В результате наибольшее значение сборочной силы $P_{сб}$ будет зафиксировано одним из датчиков 4, так как контакт присоединяемой детали 6 с досылателем 5 будет происходить со смещением в направлении, перпендикулярном продольной оси толкателя. Та-

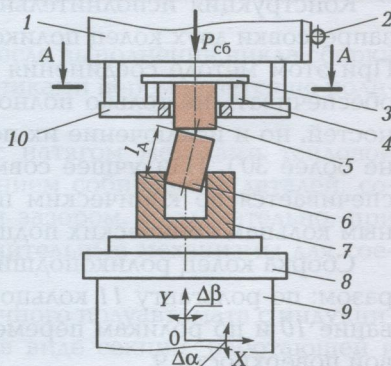
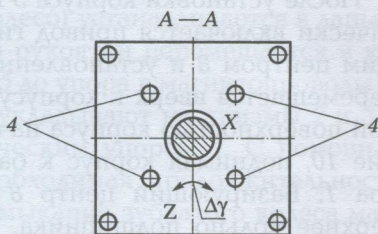


Рис. 6.5. Конструкция адаптивного исполнительного механизма:

1 — ползун; 2 — датчик измерения перемещений; 3 — подвеска; 4 — датчик измерения сил; 5 — досылатель; 6 — присоединяемая деталь; 7 — базовая деталь; 8 — сборочное приспособление; 9 — сборочная позиция; 10 — платформа; l_d — длина детали; $\Delta\beta$, $\Delta\alpha$, $\Delta\gamma$ — углы поворотов вокруг осей Y, X, Z



ким образом определяется направление наклона продольной оси присоединяемой детали. При этом базовая деталь для устранения перекоса осей должна смещаться в противоположную по отношению к присоединяемой детали сторону.

Механизмы сопряжения собираемых деталей, работающие по рассмотренному принципу, включают в себя пневматический или гидравлический привод, датчики положения ползуна и датчики контроля силы, а также сборочное приспособление типа двухкоординатного стола с зажимным приспособлением для собираемых деталей. При настройке на сборку конкретных соединений такой механизм центрируют вручную с помощью сопрягаемых элементов соединяемых деталей. В процессе сопряжения датчики, закрепленные на ползуне прессы, измеряют требуемую силу, и по этой силе настраивают пресс и систему управления, включающую в себя микроЭВМ. Допустимое рассогласование (погрешность взаимного положения) сопрягаемых поверхностей собираемых деталей составляет $0,1 \dots 0,3$ диаметра сопряжения.

Недостатком адаптивных механизмов, в первую очередь, является их сложность. При этом вследствие инерционности устройств, возникающего трения, недостаточной чувствительности аппаратуры точность позиционирования большинства таких механизмов недостаточна для сборки соединений с малыми зазорами.

Конструкция исполнительного механизма для одновременной запрессовки двух колец поликоподшипников показана на рис. 6.6. При этом методе соединения исполнительный механизм должен обеспечивать не только полное совпадение сопрягаемых поверхностей, но и исключение их перекоса (допустимый угол перекоса не более 30°). Наилучшее совмещение сопрягаемых деталей обеспечивается по коническим поверхностям, например по наружным кольцам конических подшипников.

Сборка колец роликоподшипника выполняется следующим образом: по рольгангу 11 кольцо 4 поступает на неподвижное основание 10 и по роликам перемещается к базовой опорной кольцевой поверхности 9.

После установки корпуса 5 на базирующем устройстве автоматически включается привод гидроцилиндра и шток 7 с базирующим центром 8 и установленным на нем кольцом 6 подшипника перемещается вверх к корпусу. При контакте кольца 6 с посадочной поверхностью корпуса начинает перемещаться вверх основание 10, поднимая корпус к базирующему центру 2 гидроцилиндра 1. Базирующий центр 8 штока окончательно ориентирует верхнее кольцо подшипника, а перемещающийся вверх шток 7

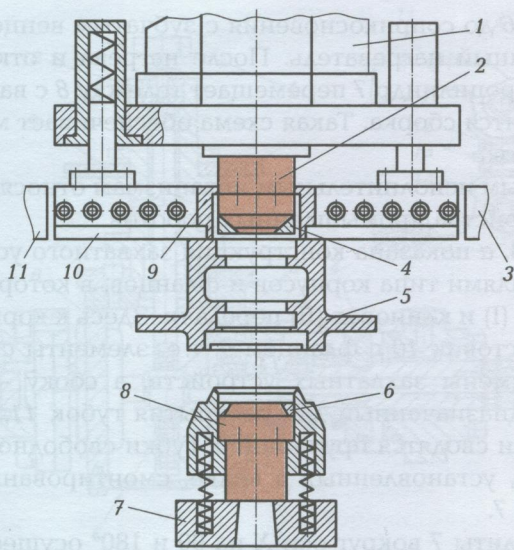


Рис. 6.6. Конструкция исполнительного механизма для одновременной запрессовки двух колец роликоподшипников:

1 — гидроцилиндр; 2, 8 — базирующие центры; 3, 11 — роликанги; 4, 6 — кольца подшипников; 5 — корпус [базовая деталь]; 7 — шток; 9 — опорная кольцевая поверхность; 10 — подвижное основание

осуществляет запрессовку колец. После выполнения цикла сборки корпус с запрессованными подшипниками перемещается по роликам основания 10 на роликанг 3.

При выполнении соединений с натягом методами тепловой сборки, т.е. с нагревом и охлаждением собираемых деталей, сопряжение выполняется с тепловым зазором. Следовательно, при сборке можно использовать исполнительные механизмы для соединений с зазором.

На рис. 6.7 показана схема сборочного полуавтомата с индукционным нагревателем, встроенным в виде секции, работающей в полуавтоматическом режиме.

Нагреваемая деталь (зубчатое колесо) устанавливается в лапы 4 и вместе с тележкой 8 с помощью рукоятки перемещается в катушку индукционного нагревателя 5 до упора в магнитопроводы 6. Ось для насадки зубчатого колеса укладывают на призмы 2 и 3 и сдвигают ее до касания со сферическим упором 1. С помощью реле времени устанавливается необходимая продолжительность нагрева и поворотом механизма замыкания зубчатого колеса маг-

нитопровода 6 до соприкосновения с зубчатым венцом включает-ся индукционный нагреватель. После нагрева и отключения на-гревателя гидроцилиндр 7 перемещает тележку 8 с валом вправо и далее проводится сборка. Такая схема обеспечивает минимальные потери теплоты.

К сборочным исполнительным механизмам относятся также за-хватные устройства промышленных роботов.

На рис. 6.8, а показана конструкция захватного устройства для работы с деталями типа корпусов и фланцев, в котором использу-ются реечная (I) и клиновая (II) передачи. Здесь к корпусу 8 сверху крепится хвостовик 10 с фланцем 9, т.е. элементы системы авто-матической смены захватных устройств, а сбоку — пневмоци-линдр 4, предназначенный для раскрытия губок 11, которые для зажима детали сводятся пружиной 5. Губки свободно поворачива-ются на осях, установленных в вилке, смонтированной на пово-ротной плите 7.

Поворот плиты 7 вокруг оси X на 90 и 180° осуществляется по-средством передачи шестерня 3 — рейка 6, причем рейка нареза-на на конце тяги 2, соединенной болтом 1 со штоком гидро- или пневмоцилиндра, размещенного внутри руки промышленного ро-бота. Губки 11 поворачиваются либо с помощью реечной передачи рейка 12 — зубчатый сектор 14, либо с помощью клина 15 и раз-жимных роликов 16. На рейке 12 или на клине 15 смонтирован струйный датчик 13, подающий команду на останов руки промыш-ленного робота при подходе детали, расположенной в магазине. Пневмоцилиндр 4 и струйный датчик 13 подключаются к силовой

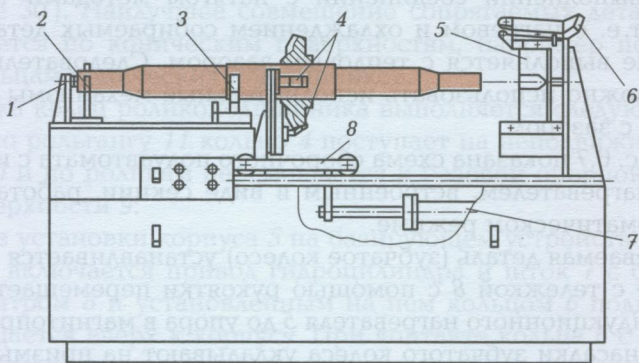


Рис. 6.7. Схема сборочного полуавтомата с индукционным нагревателем: 1 — упор; 2, 3 — призмы; 4 — лапы (установочные элементы); 5 — индукционный нагреватель; 6 — магнитопровод; 7 — гидроцилиндр; 8 — тележка

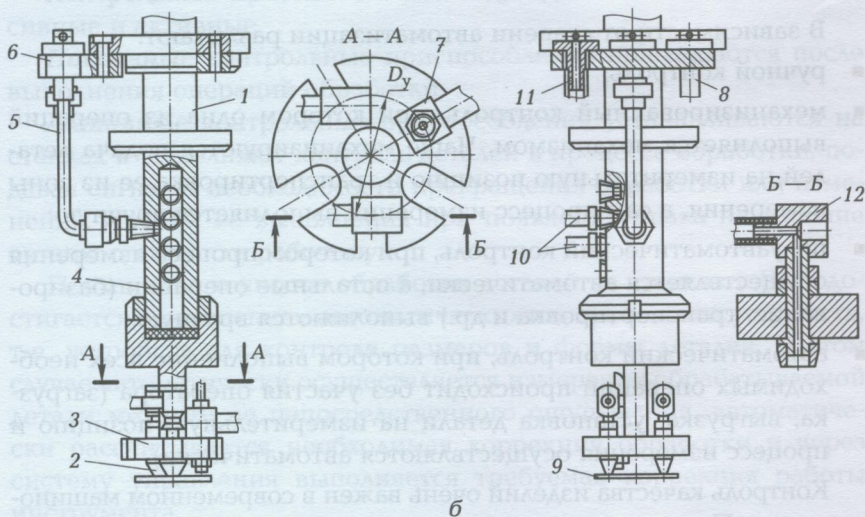
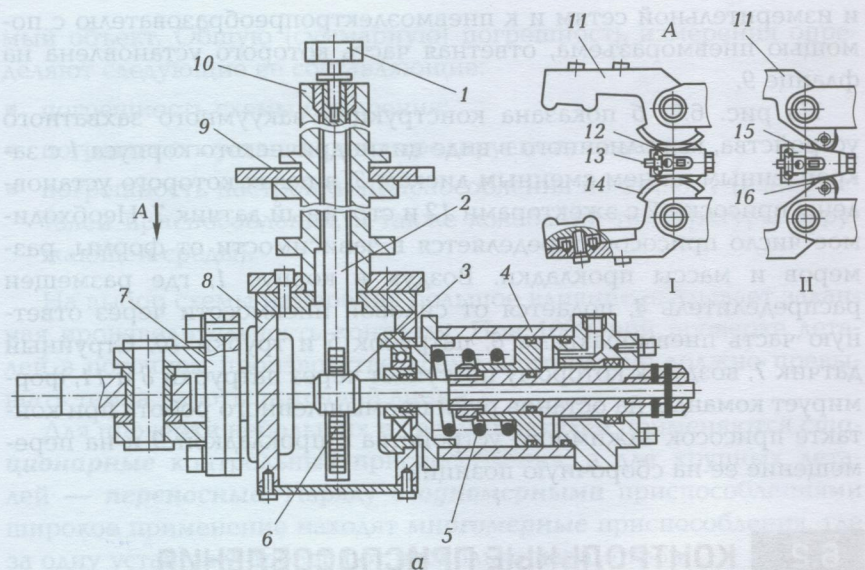


Рис. 6.8. Конструкции захватных устройств сборочных роботов:

a — устройства с реечной (I) и клиновой (II) передачами: 1 — болт; 2 — тяга; 3 — шестерня; 4 — пневмоцилиндр; 5 — пружина; 6, 12 — рейки; 7 — поворотная плита; 8 — корпус; 9 — фланец; 10 — хвостовик; 11 — губки; 13 — струйный датчик; 14 — зубчатый сектор; 15 — клин; 16 — разжимной ролик; *б* — вакуумное устройство: 1 — корпус; 2 — присоска; 3 — сменный диск; 4 — распределитель; 5, 8, 11 — патрубки; 6 — пневморазъем; 7 — струйный датчик; 9 — прокладка; 10 — трубка; 12 — эжектор

и измерительной сетям и к пневмоэлектропреобразователю с помощью пневморазъема, ответная часть которого установлена на фланце 9.

На рис. 6.8, б показана конструкция вакуумного захватного устройства, выполненного в виде цилиндрического корпуса 1 с закрепленным на нем сменным диском 3, в пазах которого установлены присоски 2 с эжекторами 12 и струйный датчик 7. Необходимое число присосок определяется в зависимости от формы, размеров и массы прокладки. Воздух в корпус 1, где размещен распределитель 4, подается от силовой пневмосети через ответную часть пневморазъема 6, патрубок 5 и трубки 10. Струйный датчик 7, воздух к которому поступает через патрубки 8 и 11, формирует команды на останов руки промышленного робота при контакте присосок зажимного устройства с прокладкой 9 и на перемещение ее на сборочную позицию.

6.2. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В зависимости от степени автоматизации различают:

- ручной контроль;
- механизированный контроль, при котором одна из операций выполняется механизмом. Чаще механизмируются подача деталей на измерительную позицию и транспортировка ее из зоны измерения, а сам процесс измерения выполняется вручную;
- полуавтоматический контроль, при котором процесс измерения осуществляется автоматически, а остальные операции (базирование, транспортировка и др.) выполняются вручную;
- автоматический контроль, при котором выполнение всех необходимых операций происходит без участия оператора (загрузка, выгрузка, установка детали на измерительную позицию и процесс измерения осуществляются автоматически).

Контроль качества изделий очень важен в современном машиностроении. Применение универсальных измерительных инструментов и калибров малопроизводительно, при этом не всегда обеспечиваются требуемая точность и удобство контроля, а в условиях поточного автоматизированного производства оно вообще неприемлемо.

Контрольные приспособления применяются для проверки заготовок, деталей и узлов машины.

Погрешность измерения в зависимости от назначения изделия допускается в пределах 25...30 % от поля допуска на контролируе-

мый объект. Общую (суммарную) погрешность измерения определяют следующие ее составляющие:

- погрешность схемы измерения;
- погрешность установки контролируемого изделия;
- погрешность настройки приспособления по эталону (износ деталей приспособления, а также колебания температуры окружающей среды).

На выбор схемы измерения большое влияние оказывает заданная производительность контроля. При 100%-ной проверке деталей в поточном производстве время контроля не должно превышать темпа работы поточной линии.

Для проверки небольших и средних деталей применяются **стационарные** контрольные приспособления, а для крупных деталей — **переносные**. Наряду с **одномерными** приспособлениями широкое применение находят **многомерные** приспособления, где за одну установку проверяют несколько параметров.

Контрольные приспособления подразделяются также на пассивные и активные.

Пассивные контрольные приспособления применяются после выполнения операций обработки.

Активные контрольные приспособления устанавливаются на станках и выполняют контроль деталей в процессе обработки, подавая сигнал о необходимости прекращения обработки или изменения условий ее выполнения при появлении брака на рабочие органы станка или рабочему.

Повышение точности обработки деталей на станках с ЧПУ достигается применением автоматических измерительных устройств, т.е. устройств для контроля размеров и формы деталей. В этом случае автоматически осуществляется измерение обрабатываемой детали методом ее непосредственного ощупывания, автоматически рассчитывается необходимая коррекция обработки и через систему управления выполняется требуемая коррекция работы инструмента.

Для выполнения автоматического контроля в шпиндель или револьверную головку станка вместо одного из инструментов вставляется резцедержатель с измерительным щупом, что обеспечивает после переключения станка из рабочей позиции в измерительную позицию подачу управляющего сигнала в систему ЧПУ. В измерительном цикле измерительный щуп подводится к запрограммированному месту детали и измеряет его истинный размер, после чего система управления сравнивает полученное значение с заданным.

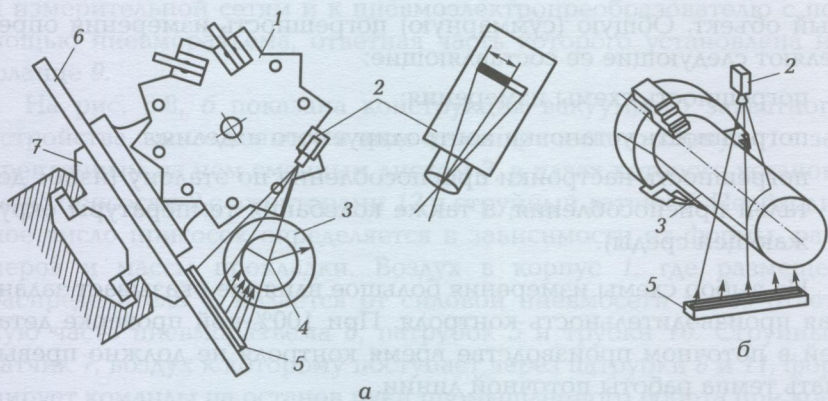


Рис. 6.9. Схемы измерения [а] и расположения измерительного прибора в рабочей зоне токарного станка [б]:

1 — револьверная головка; 2 — строчечная камера; 3 — затененная зона; 4 — заготовка; 5 — источник света; 6, 7 — соответственно поперечный и продольный суппорт

Как только отклонение контролируемого размера достигает границы поля допуска автоматически производится его коррекция.

На токарных станках для автоматического измерения диаметральных размеров применяются автоматические измерительные устройства, которые могут находиться вне зоны обработки или в рабочей зоне станка. В первом случае они устанавливаются вместо инструментального блока, а во втором — например на суппорте станка, и измерение выполняется параллельно с работой инструмента.

На рис. 6.9 показаны схемы измерения расположения измерительного прибора в рабочей зоне токарного станка.

Измерения выполняются с помощью оптико-электронных измерительных устройств, реагирующих на интенсивность излучения света.

Полупроводниковые фотодетекторы генерируют световые сигналы, сканируемые электронным измерительным устройством. Электрический сигнал генерируется пропорционально интенсивности падающего светового потока.

Устройство измерения состоит из строчечной камеры, источника света, системы измерения перемещений и ЭВМ.

На рис. 6.9, а строчечная камера 2 установлена в гнезде револьверной головки 1 токарного станка. Револьверная головка перемещается с помощью поперечного 6 и продольного 7 суппортов в соответствующем направлении. Источник света 5 освещает обраба-

тываемую заготовку 4. Затененная заготовкой зона 3 проецируется на чувствительный элемент камеры. По числу неосвещенных фотодиодов определяется радиус детали. Перед обработкой контролируются размеры зажатой заготовки и определяется фактический припуск.

В многоцелевых станках часто применяется измерение деталей с помощью индикаторов контакта (датчиков касания) — щуповых измерительных головок, шариковые наконечники которых перемещаются в заданную точку и считывают координаты. Полученные результаты обрабатываются ЭВМ.

На рис. 6.10, а — е показаны схемы контроля деталей с использованием деталей щуповой головки.

Разрешающая способность измерительных головок 0,001 мм.

Трехкоординатные головки аналогичны датчикам, применяемым в измерительных координатных машинах.

На рис. 6.11 представлены схемы координатных измерительных машин для выполнения измерений в двух (рис. 6.11, а), трех (рис. 6.11, б) и четырех (рис. 6.11, в) координатах.

Координатные измерительные машины работают в двух режимах:

- измерительный наконечник перемещается до контакта с измеряемой поверхностью, и с помощью отсчетных устройств определяется положение этой поверхности в системе координат;
- измерительный наконечник по заданной программе перемещается в точки, соответствующие номинальным значениям определенных размеров, а отчетные устройства позволяют оценить действительные отклонения положений поверхностей от номинальных значений.

Координатная измерительная машина, показанная на рис. 6.11, в, которая позволяет производить измерения и разметку по четырем координатам, работает следующим образом. Измеряемая деталь 4 устанавливается на самоустанавливающихся домкратах 5 стола 6, осуществляющего ее поворот вокруг вертикальной оси. Устройство 3 с измерительным наконечником перемещается по осям X и Z с помощью каретки 2, которая поднимается и опускается по направляющим колонки 1. На каретке также имеются направляющие, обеспечивающие перемещение штанги с устройством 3 в горизонтальном направлении по оси Y . Для измерений по оси X вся колонка 1 перемещается по направляющим основания 7. Результаты измерений обрабатываются ЭВМ 9 и выводятся на печатающее устройство 8.

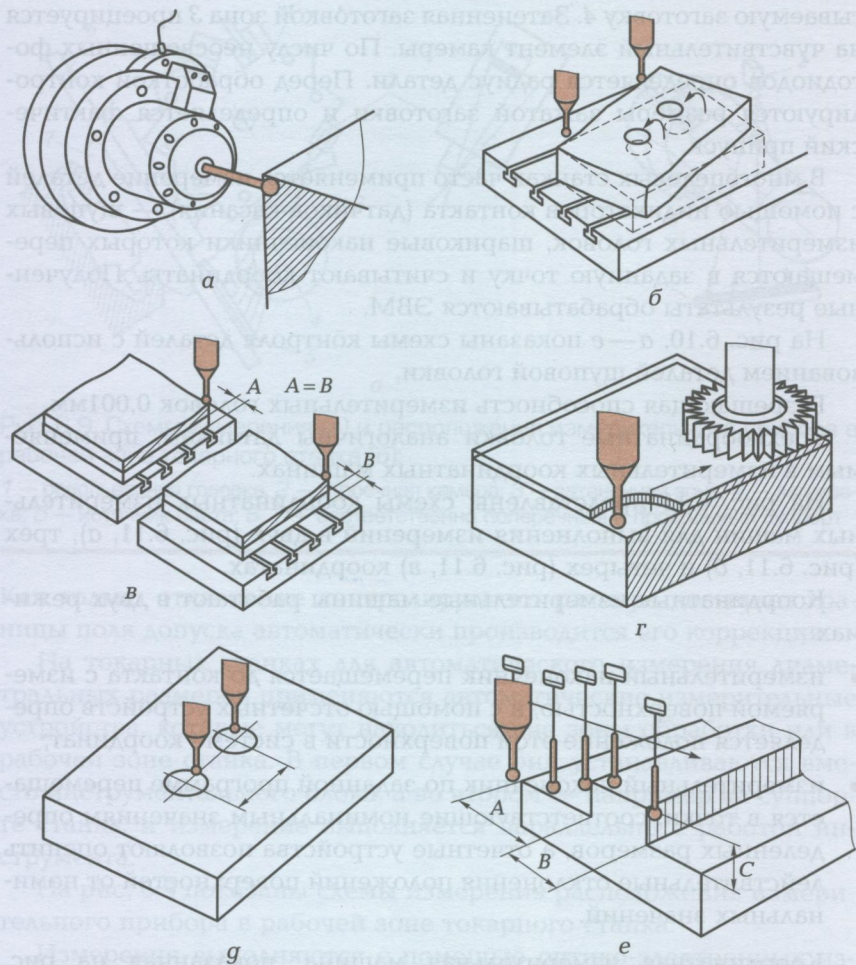


Рис. 6.10. Схемы контроля деталей с использованием щуповой головки:
 а — установка головки в нулевое положение; б — контроль непараллельности стороны заготовки перемещению стола станка и корректировка ее в процессе обработки; в — контроль припуска на обработку; г — контроль глубины обработки; д — контроль межосевого расстояния; е — контроль размеров детали

Координатные измерительные машины наиболее широко применяются для измерения размеров в диапазоне 500...1 000 мм.

Любое контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных на корпусе приспособления.

На установочные элементы (опоры) проверяемая деталь измеряется измерительными базами для проведения контроля. При этом используются постоянные опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пластины, а также специальные детали (секторы, кольца и т.д.) в зависимости от конфигурации детали.

Опоры со сферическими головками применяются для установки деталей с необработанными базами, а опоры с плоскими головками — для деталей с обработанными базами.

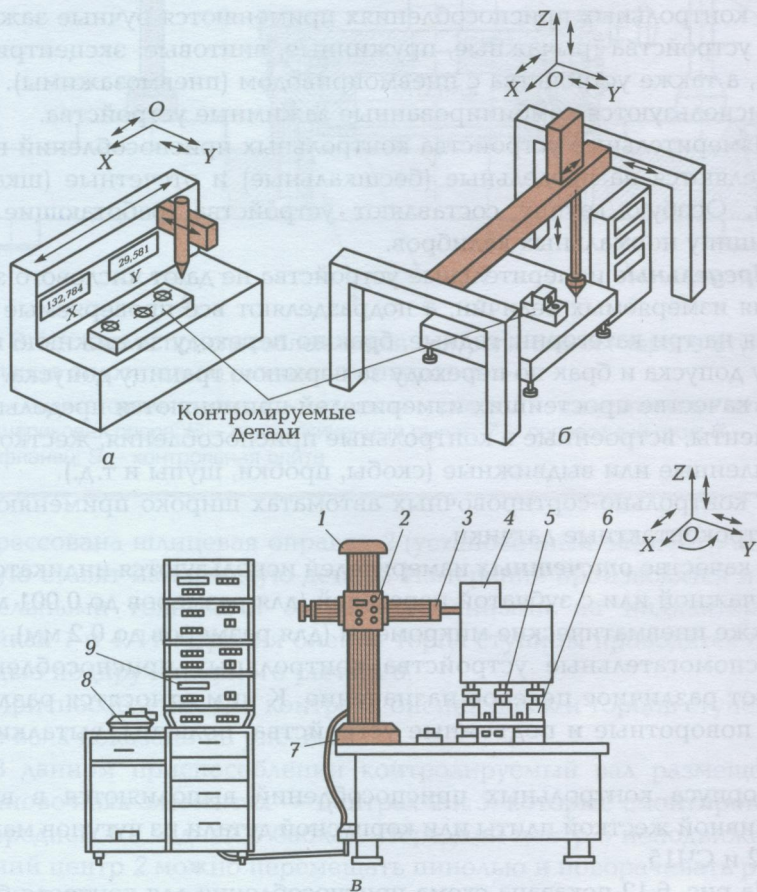


Рис. 6.11. Схемы координатных измерительных машин, выполняющих измерения в двух (а), трех (б) и четырех (в) координатах:

1 — колонка; 2 — каретка; 3 — измерительное устройство; 4 — деталь; 5 — домкрат; 6 — стол; 7 — основание; 8 — печатающее устройство; 9 — ЭВМ

Призмы используются для установки деталей с внешними цилиндрическими поверхностями.

Для проверки деталей на радиальное или осевое биение их устанавливают на одно или на два соосных цилиндрических отверстия.

Часто детали для проверки устанавливаются на конические кольца или на разжимные оправки. Кроме того, применяют различные сочетания элементарных поверхностей в качестве установочных баз (плоскость — наружная цилиндрическая поверхность, плоскость — отверстия и т.д.)

В контрольных приспособлениях применяются ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые), а также устройства с пневмоприводом (пневмозажимы). Часто используются комбинированные зажимные устройства.

Измерительные устройства контрольных приспособлений подразделяются на предельные (бесшкальные) и отсчетные (шкальные). Особую группу составляют устройства, работающие по принципу нормальных калибров.

Предельные измерительные устройства не дают числового значения измеряемых величин, а подразделяют все проверяемые изделия на три категории: годные, брак по переходу за нижнюю границу допуска и брак по переходу за верхнюю границу допуска.

В качестве простейших измерителей применяются предельные элементы, встроенные в контрольные приспособления, жестко закрепленные или выдвижные (скобы, пробки, щупы и т.д.).

В контрольно-сортировочных автоматах широко применяются электроконтактные датчики.

В качестве **отсчетных** измерителей используются индикаторы с рычажной или с зубчатой передачей (для размеров до 0,001 мм), а также пневматические микромеры (для размеров до 0,2 мм).

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение. К ним относятся различные поворотные и подъемные устройства, ползуны, выталкиватели.

Корпуса контрольных приспособлений выполняются в виде массивной жесткой плиты или корпусной детали из чугунов марок СЧ12 и СЧ15.

На рис. 6.12 показана схема приспособления для контроля биения торцов ступицы и фланца относительно шлицевого отверстия.

Данное приспособление состоит из контрольной плиты 9 с установленным на ней опорным фланцем 8, в котором на шариковых опорах 5 смонтирован поворотный стол 7. В поворотный стол

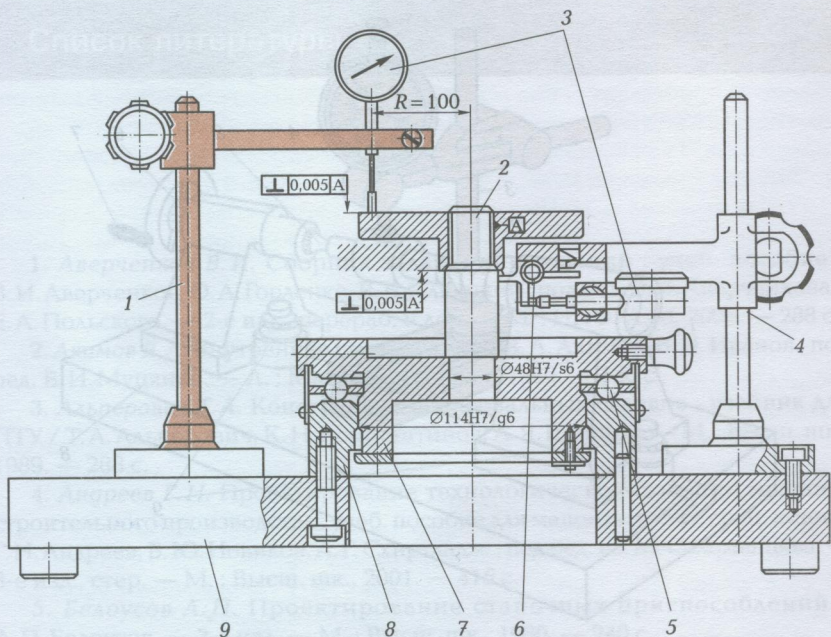


Рис. 6.12. Схема приспособления для контроля биения торцов ступицы и фланца относительно шлицевого отверстия:

1, 4 — индикаторные стойки; 2 — шлицевая оправка; 3 — измерительные головки; 5 — шариковая опора; 6 — подпружиненный рычаг; 7 — поворотный стол; 8 — опорный фланец; 9 — контрольная плита

запрессована шлицевая оправка 2 (установочный элемент), на которую ставят измеряемую деталь. Измерения производятся измерительными головками 3, расположенными на индикаторных стойках 1 и 4. Измерения биения торца ступицы проводятся с помощью подпружиненного рычага 6.

Приспособление для контроля биения шеек и торцов ступенчатого вала показано на рис. 6.13.

В данном приспособлении контролируемый вал размещен в установочных элементах — центрах 2 и 5, которые смонтированы в передней 1 и задней 6 бабках. Передний центр 5 неподвижен, а задний центр 2 можно перемещать пинолью и поворачивать рукояткой 7. Приспособление универсальное, так как за счет перемещения задней бабки 6 на плите в центры можно устанавливать валы разных длин, конфигураций и диаметров. Для обеспечения соосности центров на контрольной плите 8 предусмотрен шпоночный паз, по которому бабки центрируются болтами 9 по посадкам

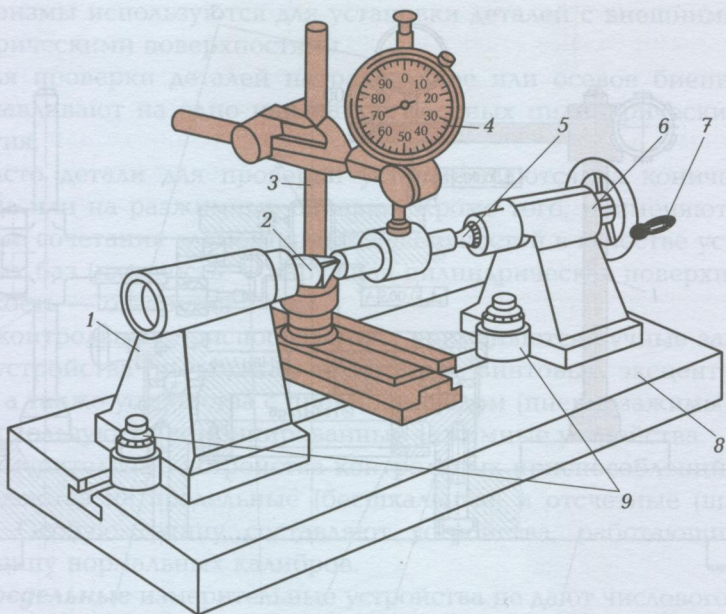


Рис. 6.13. Приспособление для контроля биения шеек и торцов ступенчатого вала:

1, 6 — соответственно передняя и задняя бабка; 2, 5 — центры; 3 — стойка; 4 — измерительная головка; 7 — рукоятка; 8 — контрольная плита; 9 — болты

H6/g5 и H7/g6. Измерительная головка 4 установлена на стандартной стойке 3 (необходимое число стоек зависит от выбранной схемы контроля, числа проверяемых параметров и типа производства, т.е. от программы выпуска деталей или узлов).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается особенность сборочных приспособлений?
2. Какие существуют сборочные приспособления для автоматической сборки?
3. Как подразделяются контрольные приспособления?
4. Чем отличаются пассивные и активные средства контроля?
5. Поясните принцип работы координатных измерительных машин.
6. Какие конструктивные части включает в себя контрольное приспособление?

1. Аверченков В. И. Сборник задач и упражнений : учеб. пособие / В. И. Аверченков, О. А. Горленко, В. Б. Ильицкий ; под ред. В. И. Аверченкова и Е. А. Польского. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2006. — 288 с.
2. Акимов В. Л. Внутреннее шлифование / В. Л. Акимов, В. И. Иванов ; под ред. В. И. Муцяно. — Л. : Машиностроение, 1986. — 128 с.
3. Альперович Т. А. Конструкция шлифовальных станков : учебник для ПТУ / Т. А. Альперович, К. Н. Константинов, А. Я. Шапиро. — М. : Высш. шк., 1989. — 288 с.
4. Андреев Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе ; под ред. Ю. М. Соломенцева. — 3-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2001. — 415 с.
5. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений / А. П. Белоусов. — 3-е изд. — М. : Высш. шк., 1980. — 240 с.
6. Вереина Л. И. Справочник токаря : учеб. пособие для нач. проф. образования / Л. И. Вереина. — М. : Изд. центр «Академия», 2004. — 448 с.
7. Ганевский Г. М. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении : учеб. для нач. проф. образования / Г. М. Ганевский, И. И. Гольдин. — М. : ПрофОбрИздат, 2001. — 288 с.
8. Гоцерицзе Р. М. Процессы формообразования и инструменты : учебник для сред. проф. образования / Р. М. Гоцерицзе. — 2-е изд., испр. — М. : Изд. центр «Академия», 2007. — 384 с.
9. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. — 6-е изд. — М. : Машиностроение, 1971. — 384 с.
10. Грачев Л. И. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов : учеб. пособие для ПТУ / Л. И. Грачев, А. Н. Косовский, Ю. Г. Ковшов. — 2-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 1989. — 271 с.
11. Гулиа Н. В. Детали машин : учебник для сред. проф. образования / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под ред. Н. В. Гулиа. — М. : Изд. центр «Академия», 2004. — 416 с.
12. Дерябин А. Л. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС : учеб. пособие для машиностроительных техникумов / А. Л. Дерябин, М. А. Эстерзон. — М. : Машиностроение, 1989. — 288 с.
13. Данилевский В. В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностр. спец. техникумов / В. В. Данилевский, Ю. И. Гельфгат. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1988. — 222 с.

14. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — М. : Изд. центр «Академия», 2005. — 495 с.
15. Замятин В. К. Технология и оснащение сборочного производства машино- и приборостроения : справочник / В. К. Замятин. — М. : Машиностроение, 1995. — 608 с.
16. Кацев П. Г. Обработка протягиванием : справочник / П. Г. Кацев. — М. : Машиностроение, 1986. — 272 с.
17. Калашников С. Н. Шевингование зубчатых колес : учеб. для сред. проф.-техн. училищ / С. Н. Калашников, А. С. Калашников. — М. : Высш. шк., 1985. — 224 с.
18. Косовский В. Л. Справочник молодого фрезеровщика / В. Л. Косовский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1992. — 400 с.
19. Косов Н. П. Технологическая оснастка : вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. — М. : Машиностроение, 2007. — 304 с.
20. Клепиков В. В. Основы проектирования технологической оснастки : учеб. пособие для сред. проф. образования / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. — М. : Центр «Школьная книга», 2008. — 592 с.
21. Кузнецов Ю. И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ : учеб. пособие для СПТУ / Ю. И. Кузнецов. — М. : Высш. шк., 1988. — 303 с.
22. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1990. — 512 с.
23. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В. С. Корсаков. — М. : Машиностроение, 1971. — 288 с.
24. Марков Н. Н. Нормирование точности в машиностроении : учеб. для машиностр. спец. вузов / Н. Н. Марков, В. В. Осипов, М. Б. Шабалина ; под ред. Ю. М. Соломенцева. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Высш. шк. ; Изд. центр «Академия», 2001. — 336 с.
25. Махонько А. М. Контроль станочных и слесарных работ : учеб. для проф. учеб. заведений / А. М. Махонько. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк. ; Изд. центр «Академия», 1998. — 286 с.
26. Обработка металлов резанием : справочник технолога / под ред. А. А. Панова. — М. : Машиностроение, 1998. — 736 с.
27. Проектирование технологических схем и оснастки : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Л. В. Лебедев, А. А. Погонин, И. В. Шрубченко и др.]. — М. : Изд. центр «Академия», 2009. — 336 с.
28. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. — Т. 1, 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1986. — 656 с., 496 с.
29. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. — Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова ; Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского ; [пред. ред. совета Б. Н. Вардашкин]. — М. : Машиностроение, 1984. — 502 с. ; 656 с.
30. Сильвестров Б. Н. Зубошлифовальные работы : учеб. пособие для сред. проф.-тех. училищ / Б. Н. Сильвестров. — М. : Высш. шк., 1985. — 272 с.
31. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления : учеб. пособие для вузов / А. Г. Схиртладзе. — М. : Высш. шк., 2001. — 110 с.

32. Холодкова А. Г. Технологическая оснастка : учебник для вузов / А. Г. Холодкова. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 368 с.

33. Черпаков Б. И. Технологическая оснастка / Б. И. Черпаков. — 2-е изд. — М. : Изд. центр «Академия», 2005. — 288 с.

34. Эреджи А. А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов : учеб. пособие для студентов сред. проф. образования / А. А. Эреджи, Н. А. Эреджи. — 5-е изд., перераб. — М. : Изд. центр «Академия», 2003. — 320 с.

Предисловие.....	4
Введение.....	6

Раздел I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Глава 1. Классификация приспособлений	11
1.1. Устоявшиеся названия станочной оснастки.....	11
1.2. Классификация приспособлений по степени специализации.....	12
1.3. Классификация приспособлений по целевому назначению.....	15
Глава 2. Основные положения теории базирования	17
2.1. Понятие о базах и схемах базирования.....	17
2.2. Классификация баз. Графическое обозначение элементов станочных приспособлений.....	22
2.3. Погрешности, возникающие при установке заготовки в приспособлении.....	34
2.4. Расчет погрешности базирования и выбор рациональных схем базирования.....	49
2.5. Погрешность закрепления.....	54
2.6. Погрешность положения.....	57
Глава 3. Элементы приспособлений	64
3.1. Установочные элементы.....	64
3.2. Оправки.....	73
3.3. Корпуса.....	79
Глава 4. Зажимные механизмы	83
4.1. Требования к зажимным механизмам и методика их расчета.....	83
4.2. Закрепление деталей и расчет сил зажима.....	87
4.3. Зажимные устройства приспособлений.....	92
4.4. Механизмы-усилители станочных приспособлений.....	110
4.5. Расчет клиноплунжерных механизмов.....	121
4.6. Цанговые зажимы, зажимы с гидропластмассой, мембранные патроны, оправки и патроны с тарельчатыми пружинами.....	143
4.7. Вакуумные приспособления.....	151
4.8. Магнитные приспособления.....	155
4.9. Пневматические и гидравлические приводы для приспособлений.....	160

Раздел II

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Глава 5. Приспособления для металлорежущих станков основных групп	173
5.1. Приспособления для токарных станков.....	173
5.2. Приспособления для сверлильных станков	183
5.3. Приспособления для фрезерных станков.....	201
5.4. Приспособления для станков с ЧПУ	206
5.5. Приспособления для агрегатных станков и автоматических линий	218
Глава 6. Сборочные и контрольные приспособления.....	228
6.1. Сборочные приспособления	228
6.2. Контрольные приспособления.....	242
Список литературы.....	251



Издательский центр «Академия»

Учебная литература
для профессионального
образования

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1
(м. Алексеевская)
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029
E-mail: sale@academia-moscow.ru

Филиалы:

Северо-Западный

194044, Санкт-Петербург, ул. Чугунная,
д. 14, оф. 319
Тел./факс: (812) 244-9253
E-mail: spboffice@acadizdat.ru

Приволжский

603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,
д. 31, корп. 3
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433
E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральский

620142, Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 1а, оф. 12а
Тел.: (343) 257-1006
Факс: (343) 257-3473
E-mail: academia-ural@mail.ru

Сибирский

630007, Новосибирск, ул. Кривощёковская, д. 15, корп. 3
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146
E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный

680038, Хабаровск, ул. Серышева, д. 22, оф. 519, 520, 523
Тел./факс: (4212) 56-8810
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный

344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 10/65
Тел.: (863) 203-5512
Факс: (863) 269-5365
E-mail: academia-UG@mail.ru

Представительства:

в Республике Татарстан

420034, Казань, ул. Горсоветская, д. 17/1, офис 36
Тел./факс: (843) 562-1045
E-mail: academia-kazan@mail.ru

в Республике Казахстан

Алматы, пр-т Абая, д. 26А, оф. 209
Тел.: (727) 250-0316, моб.тел.: (701) 014-3775
E-mail: academia_kazakhstan@mail.ru

в Республике Дагестан

Тел.: 8-928-982-9248

www.academia-moscow.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

ISBN 978-5-4468-2637-7



Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru