

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ
И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
Наманганский инженерно-технологический институт

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Пособие

для студентов специальностей
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2024

УДК 621.7/.9:658.5

ББК 34.5я7

П69

А в т о р ы:

*О. К. Яцкевич, С. Э. Крайко, М. Э. Кабулов,
К. Ж. Маткаримов, А. А. Турсунов*

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Материаловедение и проектирование технических систем»
Белорусского государственного технологического университета
(зав. кафедрой, канд. техн. наук *Д. В. Куис*);
начальник отделения технологий машиностроения
и металлургии – заведующий лабораторией машиностроительных
и сверхтвердых материалов Объединенного института машиностроения
НАН Беларуси, д-р техн. наук *В. И. Жорник*

Технологическая оснастка : пособие для студентов специальностей
П69 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 6-05-0714-02 «Технология
машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / О. К. Яцке-
вич [и др.]. – Минск : БНТУ, 2024. – 152 с.

ISBN 978-985-583-963-8.

В учебном пособии 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.

Пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм получения высшего образования специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», а также может быть использовано студентами других машиностроительных специальностей.

Рекомендуется в качестве учебного пособия по дисциплине «Технологические приспособления машиностроения» для студентов 1-36 01 03 – «Технологические оборудования машиностроительного производства» и направления образования бакалавриата 60721400 – Технологии и оборудования легкой промышленности (Техники и технологии обслуживания), 60720700 – Технологические машины и оборудования (ткацкие, легкие и хлопковые промышленности).

УДК 621.7/.9:658.5

ББК 34.5я7

ISBN 978-985-583-963-8

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	7
1.1. Назначение приспособлений	7
1.2. Классификация приспособлений	8
2. БАЗИРУЮЩИЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	10
2.1. Базы, базирование. Классификация баз	10
2.2. Выбор установочных элементов приспособлений	17
2.3. Схемы базирования деталей	31
3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	37
3.1. Общие принципы расчета зажимных сил и определение расчетных факторов	37
3.2. Характеристика зажимных устройств	39
3.3. Типовые схемы установки деталей и расчет сил зажима	40
3.4. Расчет силы зажима и привода на примерах закрепления детали в патроне	49
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ	59
4.1. Рычажные зажимные механизмы	59
4.2. Винтовые зажимные механизмы	62
4.3. Эксцентриковые зажимные механизмы	66
4.4. Клиновые и клиноплунжерные зажимные механизмы	72
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ	76
5.1. Пневматический привод	76
5.2. Вакуумный привод	85
5.3. Гидравлический привод	87
5.4. Пнеumoгидравлический привод	90
6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	94
6.1. Направляющие устройства приспособлений	94
6.2. Корпуса приспособлений	95
7. ТОЧНОСТЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	99
7.1. Обеспечение точности приспособлений	99
7.2. Расчет приспособлений на точность	99
7.3. Выбор расчетных параметров	100
7.4. Методика расчета точности приспособлений	100
7.5. Определение расчетных факторов	101
8. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	104
8.1. Исходные данные и задачи конструирования	104
8.2. Последовательность конструирования	106
9. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА	111
9.1. Приспособления для станков с ЧПУ	111

9.2. Приспособления для обработки призматических деталей	112
9.3. Приспособления для обработки цилиндрических деталей.....	113
9.4. Приспособления для автоматических линий	113
10. СБОРОЧНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	115
10.1. Сборочные приспособления	115
10.2. Контрольные приспособления.....	116
11. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	119
11.1. Требования безопасности к приспособлениям	119
11.2. Требования к основным частям, элементам и приводам приспособления	121
11.3. Требования безопасности к транспортированию, сборке, ремонту и хранению	125
11.4. Контроль выполнения требований безопасности.....	126
12. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	127
12.1. Приспособления для токарных и шлифовальных станков	127
12.2. Приспособления для сверлильных и расточных станков	143
12.3. Приспособления для фрезерных станков	144
12.4. Приспособления для зубообрабатывающих станков	146
12.5. Приспособления для обработки фасонных поверхностей.....	147
12.6. Приспособления для многоцелевых станков, агрегатных станков и автоматических линий	147
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	149

ВВЕДЕНИЕ

Технологическое оснащение производства – это часть единой системы технологической подготовки производства, куда входит и технологическая оснастка.

Под оптимальной технологической оснащенностью понимается оснащенность производства, при которой достигается максимальная эффективность изготовления изделия с получением требуемого количества продукции заданного качества за установленный промежуток времени. При этом учитывается комплекс условий, связанных с технологическими и организационными возможностями производства.

Технологическая оснастка – это часть средств технологического оснащения, входящих в состав и/или дополняющих технологическое оборудование для выполнения технологической операции.

Приспособления механосборочного производства составляют основную группу технологической оснастки.

Приспособлениями называют вспомогательные устройства к технологическому оборудованию, используемые при выполнении операций механической обработки, сборки и контроля.

Станочные приспособления, применяемые для установки, закрепления и направления заготовки при механообработке, составляют наиболее значительную долю (50–90 %) технологической оснастки в машиностроительном производстве.

Преобладание мелкосерийного производства и достаточно частая смена объектов производства требуют создания прогрессивных методов разработки конструкций и систем приспособлений, рациональных и надежных методов их расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих сокращение сроков технологической подготовки производства.

Ряд принципиально новых требований, предъявляемых к приспособлениям, определяются широким распространением и большим спектром станков с ЧПУ. Переналадка на обработку новой заготовки сводится к установке программы, к установке или переналадке приспособления для базирования и закрепления заготовки, смене или наладке рабочего и контрольного инструмента или системы и др. При этом учитывается, что часть этих работ выполнялась вне станка.

Изучение закономерностей влияния приспособления на точность и производительность выполняемых операций позволит проектировать приспособления, интенсифицирующие производство с увеличением качества выпускаемой продукции.

Проводимая работа по унификации и стандартизации элементов приспособлений создает основу для автоматизированного проектирования приспособлений с использованием электронно-вычислительной техники.

Целью учебной дисциплины является изложение студентам теоретических основ, принципов и методик проектирования технологической оснастки,

а также приобретение студентами знаний и навыков по конструированию и расчету различных средств технологического оснащения механосборочных производств в различных отраслях машиностроения.

В учебном пособии приведены общие методологические положения по проектированию станочных приспособлений, усвоив которые, студент может творчески подойти к созданию работоспособной, высокопроизводительной и экономически выгодной технологической оснастки и приспособлений различного назначения для технологического оборудования.

Данное учебное пособие позволит студентам самостоятельно или под руководством преподавателя приобрести практические навыки проектирования приспособлений. Учебное пособие может быть использовано студентами при выполнении курсовых проектов и конструкторских разделов в рамках дипломного проектирования, которые касаются разработки или модернизации технологического оборудования или оснастки.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. Назначение приспособлений

Технологическая оснастка – это орудия производства, дополняющие основное технологическое оборудование (металлорежущие станки, промышленные роботы и др.) и предназначенные для участия в выполнении технологического процесса механической обработки заготовок.

Наиболее трудоемкой в изготовлении и дорогостоящей частью технологической оснастки являются станочные приспособления (СП), которые оказывают существенное влияние на производительность, точность и качество изделий.

Повышение производительности труда обеспечивается следующими основными факторами:

1) сокращением вспомогательного времени на установку и закрепление заготовки в приспособлении;

2) увеличением параметров режимов резания при увеличении прочности, жесткости и виброустойчивости приспособлений;

3) сокращением объема слесарно-пригоночных работ при сборке изделий путем применения оснастки повышенной точности;

4) расширением многостаночного обслуживания станков с ЧПУ путем обработки группы деталей, установленных в многоместном приспособлении.

Точность механической обработки обеспечивается применением автоматического метода получения размеров и механизированного закрепления заготовок в приспособлении, что устраняет:

- дорогостоящую и трудоемкую операцию разметки;
- выверку обрабатываемой детали на станке;
- влияние уровня квалификации рабочего на точность обработки.

Качество деталей в этом случае в значительной степени зависит от СП, его точности, способности сохранить ее в процессе обработки.

Проектируемые приспособления должны:

– обеспечивать наибольшую эффективность и рентабельность при снижении стоимости приспособлений и сокращении сроков их изготовления;

– быть удобными и безопасными в работе;

– быть быстродействующими, для сокращения времени на техническое и организационное обслуживание рабочего места;

– быть удобными для быстрой установки на станок, что особенно важно при периодической смене приспособлений в серийном производстве, а в условиях ГПС – для автоматической смены и установки;

– быть простыми, дешевыми в изготовлении и доступными для ремонта.

Использование приспособлений способствует облегчению условий труда, сокращению числа рабочих, регламентации выполняемых операций, повышению безопасности работы и снижению аварийности.

1.2. Классификация приспособлений

1. По целевому назначению приспособления делят на пять групп [1; 2; 3]:

– станочные приспособления для установки и закрепления заготовок на станках. В зависимости от оборудования и вида обработки различают токарные, фрезерные, сверлильные, расточные, шлифовальные и др.;

– приспособления для установки и крепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент). Они характеризуются большим числом нормализованных деталей и конструкций, что объясняется нормализацией и стандартизацией самих режущих инструментов;

– сборочные приспособления используют для соединения сопрягаемых деталей и сборочных единиц, крепления базовых деталей (сборочных единиц) собираемого изделия, предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор и т. д.), выполнения сборочных операций, требующих приложения больших сил (клепка, вальцовка, запрессовка и т. д.) и др.;

– контрольно-измерительные приспособления применяют для контроля заготовок, промежуточного и окончательного контроля, а также для проверки собранных узлов и машин. Контрольные приспособления также служат для установки мерительного инструмента;

– приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обрабатываемых заготовок, а также отдельных деталей и узлов при сборке.

2. По степени специализации приспособления делят на универсальные, специализированные и специальные [1; 2; 3].

Универсальные приспособления (УП) используют для расширения технологических возможностей металлорежущих станков. К ним относятся универсальные, поворотные, делительные столы; самоцентрирующие патроны.

Универсальные безналадочные приспособления (УБП) применяются для базирования и закрепления однотипных заготовок в условиях единичного и мелкосерийного производства. К этому типу принадлежат универсальные патроны с неразъемными кулачками, универсальные фрезерные и слесарные тиски.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) используют для базирования и закрепления заготовок в условиях многономенклатурного производства. К ним относятся универсальные патроны со сменными кулачками, универсальные тиски, скальчатые кондукторы.

Специализированные безналадочные приспособления (СБП) используют для базирования и закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам и требующих для их обработки выполнения однотипных операций и специальных наладок.

Универсально-сборные приспособления (УСП) применяют для базирования и закрепления конкретной детали. Из комплекта УСП собирают спе-

циальное приспособление, которое затем разбирают, а элементы УСП многократно используют для сборки других приспособлений.

Специальные приспособления (СП) используют для выполнения определенной операции и при обработке конкретной детали. Такие приспособления называются одноцелевыми. Их применяют в крупносерийном и массовом производстве.

3. По степени механизации и автоматизации приспособления подразделяют на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические [1; 2; 3].

Ввиду разнообразия технологических процессов, конструктивных форм и размеров обрабатываемых изделий и других факторов, номенклатура применяемых приспособлений весьма разнообразна. Однако, несмотря на различия в конструктивном оформлении, приспособления имеют практически одинаковую структуру, куда входят следующие элементы:

1) установочные элементы (опоры), служащие для ориентации заготовки или детали в пространстве при обработке, сборке или контроле;

2) зажимные элементы и устройства, предназначенные для обеспечения надежного контакта базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений и предупреждения их смещения при обработке;

3) силовые приводы, для обеспечения воздействия зажимных элементов на закрепляемую заготовку с заданной силой;

4) элементы для определения положения и направления инструментов, служащие для постановки обрабатывающего инструмента в требуемое положение;

5) корпуса, являющиеся базовыми, наиболее ответственными элементами, с помощью которых все детали и устройства приспособлений объединяются в одно устройство;

6) вспомогательные устройства и элементы, служащие для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления и их обслуживания.

Контрольные вопросы

1. Что такое приспособление?
2. Какие требования предъявляются к приспособлениям?
3. Что дает применение приспособлений?
4. По какому признаку классифицируются приспособления?
5. Каково служебное назначение приспособлений?
6. Какова структура приспособлений?
7. Каково назначение станочных приспособлений?
8. Каково назначение контрольно-измерительных приспособлений?
9. Какие дополнительные требования предъявляются к приспособлению для станка с ЧПУ?

2. БАЗИРУЮЩИЕ И УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

2.1. Базы, базирование. Классификация баз

В общем случае базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования [4].

По назначению различают конструкторские, технологические и измерительные базы [1; 5]. Краткая классификация баз приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Краткая классификация баз

<i>1. По назначению</i> – конструкторская: а) основная; б) вспомогательная; – технологическая: а) черновая; б) чистовая; в) искусственная; – измерительная.	<i>2. По лишаемым степеням свободы:</i> – установочная; – направляющая; – опорная; – двойная направляющая; – двойная опорная; – тройная опорная.	<i>3. По характеру проявления:</i> – скрытая; – явная.
---	--	--

Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии [4].

В свою очередь конструкторские базы принято делить на основные и вспомогательные.

Основной конструкторской базой называют поверхность, принадлежащую данной детали или сборочной единице и используемую для определения ее положения в изделии.

Вспомогательной конструкторской базой называют поверхность, принадлежащую данной детали или сборочной единице и используемую для определения положения изделия, присоединяемого к ней.

Технологическая база используется для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта [4].

Технологические базы обыкновенно подразделяются на черновые, чистовые и искусственные.

Черновые базы используются при черновой обработке, чистовые – при чистовой обработке.

Искусственные базы создаются, когда конфигурация заготовки не дает возможности выбрать надежную технологическую базу. Типичным приме-

ром искусственной базы является пара центровых отверстий. К искусственным базам также относятся технологические базы, которые в целях обеспечения точности детали обрабатываются с более высокой точностью, чем требуется по техническим условиям на изготовление.

Измерительной называется база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения [4].

Следующим уровнем классификации является число налагаемых базой связей.

Для определения положения деталей используется прямоугольная система координат [6].

Число независимых перемещений, которые может иметь тело в заданной системе координат, называется числом степеней свободы. Абсолютно твердое тело в пространстве имеет шесть степеней свободы.

В прямоугольной системе координат это три перемещения вдоль осей x , y , z и три вращения вокруг этих осей.

Таким образом, чтобы однозначно определить положение детали в выбранной системе координат, необходимо лишить ее шести степеней свободы. Для этого необходимо установить шесть геометрических связей между системой координат детали x , y , z и выбранной системой координат X , Y , Z .

Геометрическими связями называются условия, которые налагают ограничение на положение точек тела в пространстве [6].

Наложение на тело связей сверх шести не только нежелательно, но и вредно, т. к. может привести к неопределенности базирования. Лишние связи в конструкциях приводят к трудностям их силового расчета; требуют повышенной точности изготовления деталей; нередко приводят к необходимости подгонки; вызывают неучтенные усилия при работе, и гарантировать качество работы в таких условиях бывает трудно [1].

Чаще всего в качестве баз используют плоские и цилиндрические поверхности в различных сочетаниях, реже – конические и сферические.

Установочная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей [4]. Обычно эти точки принадлежат плоскости, реже сфере.

Направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси [4].

Опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси [4].

Положение данных баз и тачки сопряжения указаны на рис. 2.1.

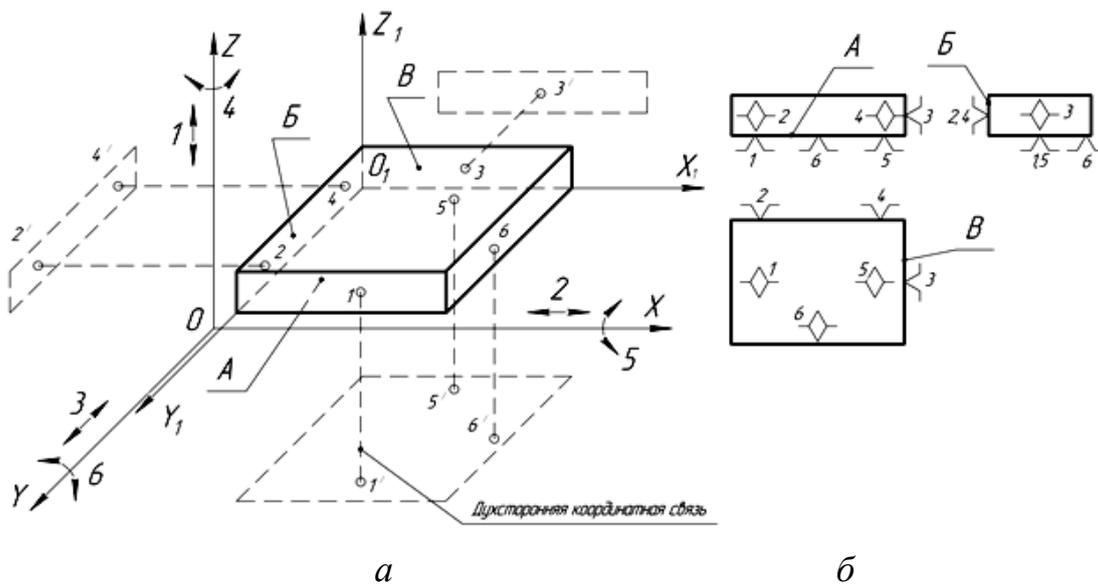


Рис. 2.1. Точки сопряжения:
установочной (1, 5, 6), направляющей (2, 4) и опорной (3) баз

Двойная направляющая база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей [4].

Обычно двойной направляющей базой является «длинная» цилиндрическая поверхность: деталь типа «вал», представленная на рис. 2.2.

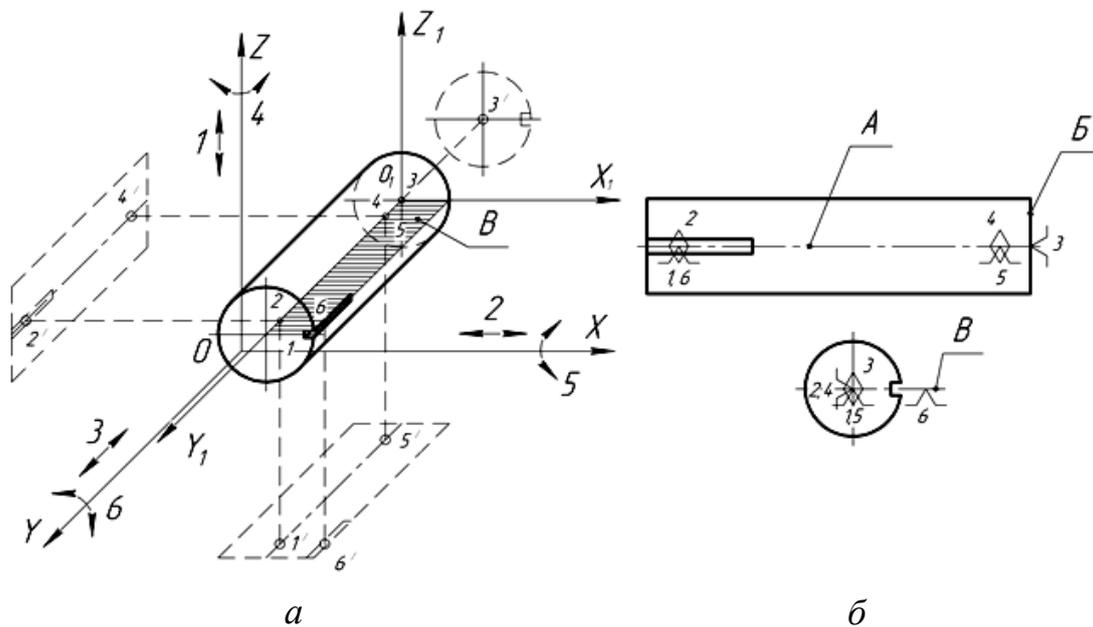


Рис. 2.2. Схема базирования детали типа «вал»:
точки 1, 2, 4, 5 – двойная направляющая база

Двойная опорная база – база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей [4].

Обычно двойной опорной базой является «короткая» цилиндрическая поверхность: деталь типа «диск», представленная на рис. 2.3.

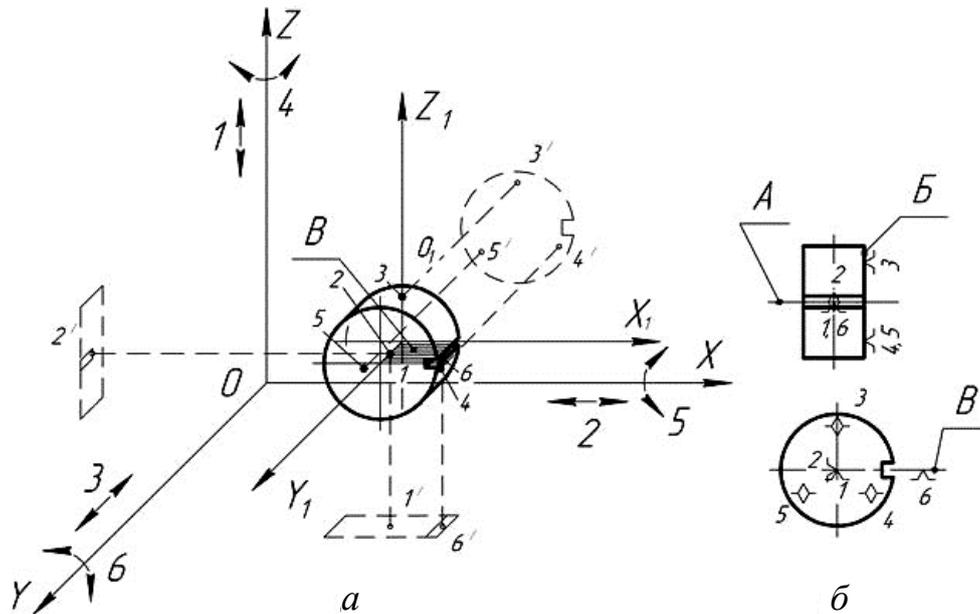


Рис. 2.3. Схема базирования детали типа «диск»:
точки 1, 2 – двойная опорная база

Три точки окружности, принадлежащей конусу, образуют установочную базу. У короткого конуса при таком базировании остается еще три степени свободы – вращение вокруг трех перпендикулярных осей (рис. 2.4).

Длинный конус за счет опорных баз лишается пяти степеней свободы.

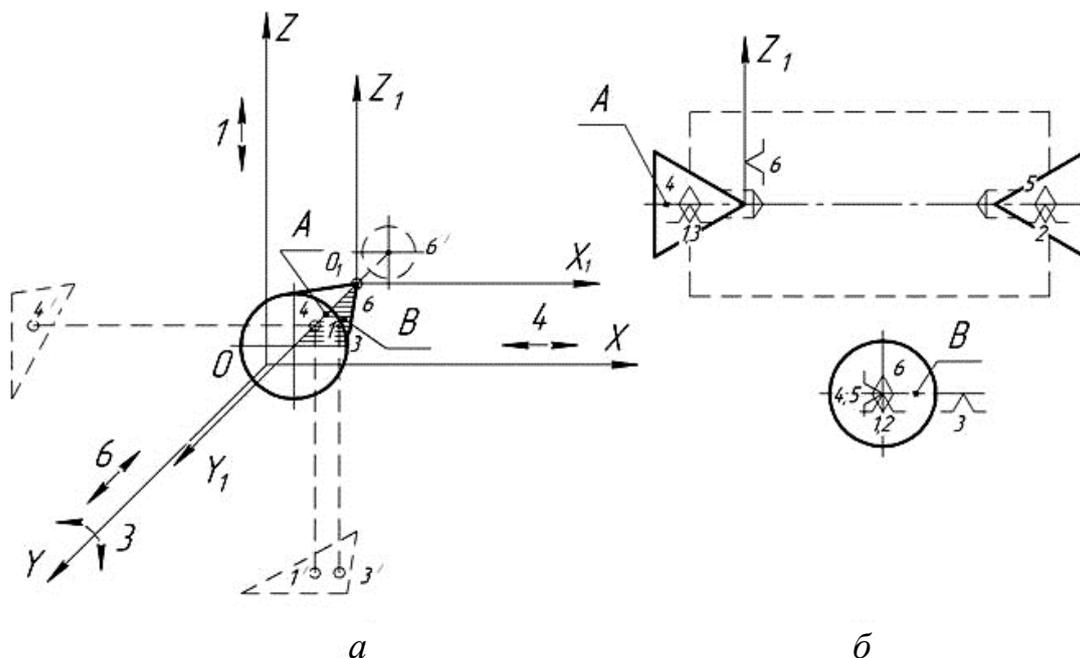


Рис. 2.4. Схема расположения точек сопряжения на «конусе»

Третий уровень классификации баз характеризует вид их проявления.

Реальные поверхности, линии и точки их пересечения относятся к явным базам, а условные точки, линии и плоскости (например, симметрии) – к скрытым [1].

Теоретической схемой базирования, используемой при проектировании технологических процессов, называют эскиз детали (или заготовки), на котором нанесены условные обозначения точек сопряжений [1].

На видимых поверхностях эскиза условные обозначения точек изображаются сплошными, а на невидимых – штриховыми тонкими линиями. Точки сопряжения на эскизах нумеруются, начиная от базы, отнимающей наибольшее число степеней свободы.

Число проекций объекта на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

Условное изображение опорных точек спереди, сбоку и сверху представлено на рис. 2.5.

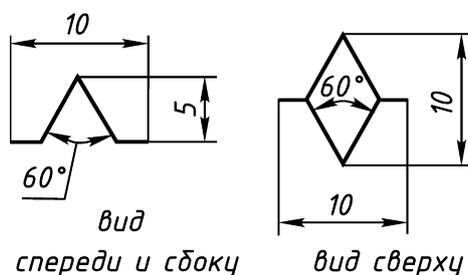


Рис. 2.5. Условное обозначение опорных точек

Схемы базирования можно разделить на три класса [1; 5].

Первый класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является установочная база (плоскость) I (в соответствии с рис. 2.6, а), лишаящая деталь трех степеней свободы. Эта плоскость сочетается в комплект баз с направляющей II и опорной III либо (в соответствии с рис. 2.6, б и 2.6, в) с двойной опорной III и IV опорными базами.

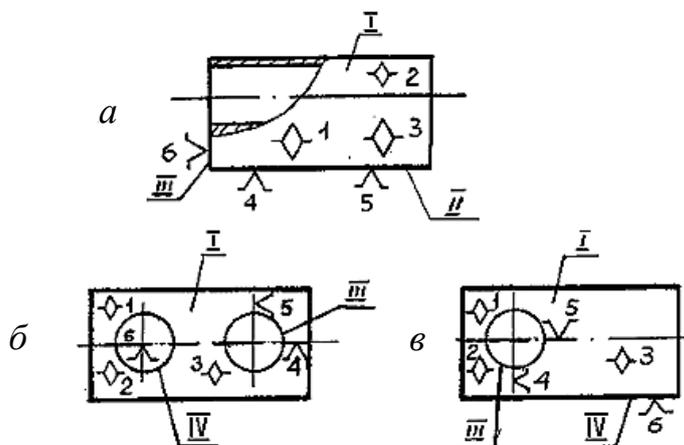


Рис. 2.6. Варианты схем базирования первого класса:
I – главная установочная база; II – направляющая база;
III – двойная опорная база; IV – опорная база

Второй класс объединяет варианты схем базирования, в которых главной является двойная направляющая база («длинный» цилиндр), лишаящая деталь четырех степеней свободы. Эта цилиндрическая поверхность сочетается в комплект баз либо с двумя опорными (в соответствии с рис. 2.7, а, б) либо с двойной опорной (в соответствии с рис. 2.7, в) базами.

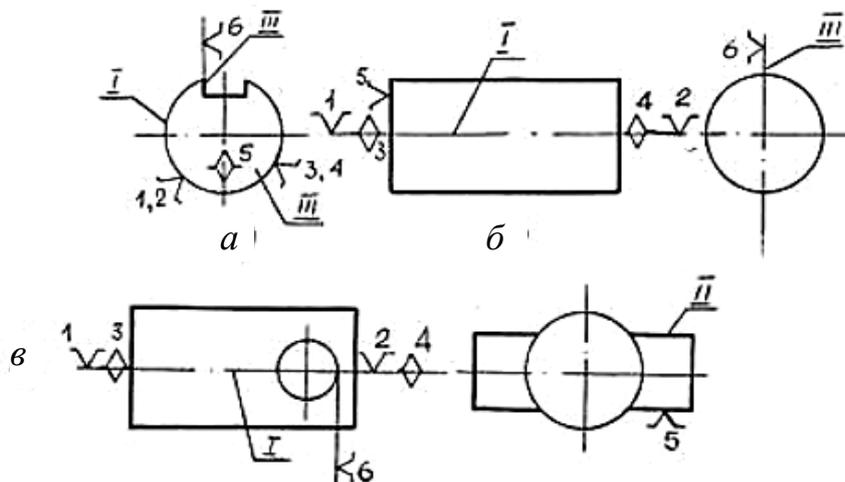


Рис. 2.7. Варианты схем базирования второго класса:
 I – главная база (двойная направляющая); II – двойная опорная база;
 III – опорная база

К третьему классу относятся варианты схем базирования, в которых главная база реализуется либо «длинным» конусом (в соответствии с рис. 2.8, а), либо двумя «короткими» соосными конусами (в соответствии с рис. 2.8, б, в), которые лишают деталь пяти степеней свободы. Эти конические поверхности сочетаются в комплект баз с одной опорной.

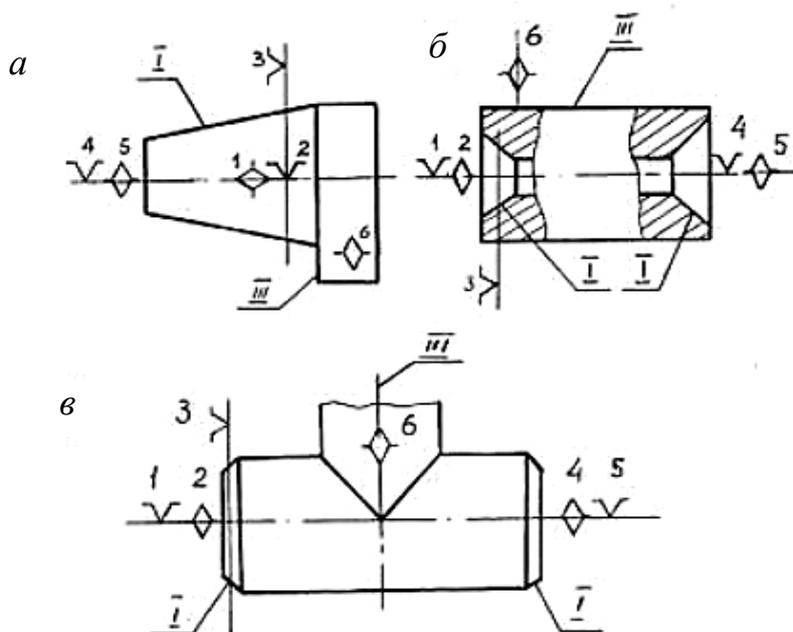
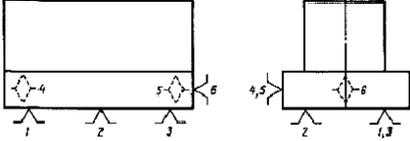
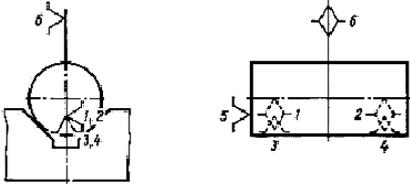
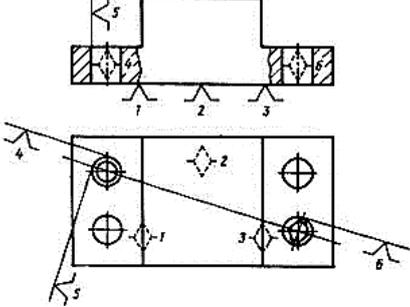
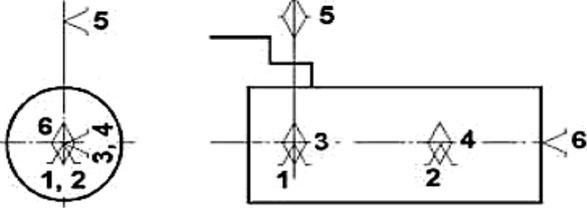
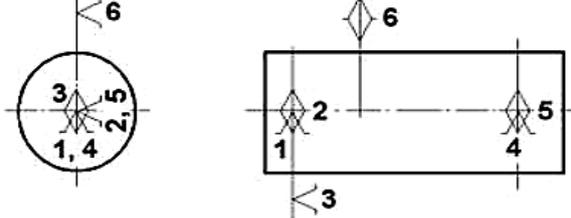
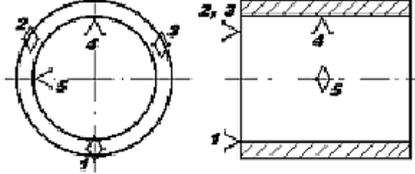
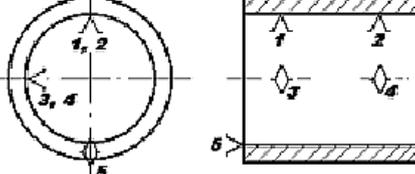


Рис. 2.8. Варианты схем базирования третьего класса:
 I – главная база (налагающая 5 связей); III – опорная база

Варианты схем базирования заготовок приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Варианты схем базирования заготовок в приспособлениях

Схема	Описание
	<p>Схема базирования цилиндрической заготовки в призме. Комплект баз: двойная направляющая (точки 1, 2, 3, 4); опорные (точки 5, 6).</p>
	<p>Базирование призматической заготовки по плоскости и двум штырям – цилиндрическому и срезанному (ромбическому). Комплект баз: установочная (точки 1, 2, 3); двойная опорная (точки 4, 5); опорная (точка 6).</p>
	<p>Базирование цилиндрической заготовки в трехкулачковом патроне при токарной обработке. Комплект баз: двойная направляющая (точки 1, 2, 3, 4); опорные (точки 5, 6).</p>
	<p>Базирование цилиндрической заготовки в трехкулачковом патроне при токарной обработке. Комплект баз: двойная направляющая (точки 1, 2, 3, 4); опорные (точки 5, 6).</p>
	<p>Схема базирования цилиндрической заготовки в центрах токарного станка. Комплект баз: тройная опорная (точки 1, 2, 3); двойная опорная (точки 4, 5); опорная (точка 6).</p>
	<p>Схема базирования втулки на оправке с зазором и по торцу. Комплект баз: установочная (точки 1, 2, 3); двойная опорная (точки 4, 5).</p>
	<p>Схема базирования втулки на оправке без зазора и по торцу. Комплект баз: двойная направляющая (точки 1, 2, 3, 4); опорная (точка 5).</p>

2.2. Выбор установочных элементов приспособлений

Установочные элементы (опоры) служат для ориентации детали или заготовки в пространстве при обработке, сборке или контроле.

Число опор должно быть равно числу устраняемых степеней свободы.

Для полной ориентации заготовка должна быть лишена всех шести степеней свободы, для частичной ориентации – трех, четырех или пяти.

При этом полную ориентацию заготовок осуществляют в следующем порядке [1]:

- 1) назначают комплект баз;
- 2) из комплекта баз выбирают главную базу (установочную, двойную направляющую или тройную опорную), лишаящую заготовку наибольшего числа степеней свободы;
- 3) назначают число, вид и место расположения установочных элементов для этой базы;
- 4) определяют, каких степеней свободы будет лишена заготовка с помощью этой базы;
- 5) выбирают число, вид и место расположения установочных элементов для второй базы (эти установочные элементы не должны дублировать назначение установочных элементов, выбранных ранее);
- 6) выбирают число, вид и место расположения установочных элементов для третьей базы комплекта (эти установочные элементы не должны дублировать назначение установочных элементов, выбранных ранее).

Установочные элементы должны удовлетворять следующим требованиям:

- количество и расположение установочных элементов должны учитывать необходимую ориентацию детали и достаточную ее устойчивость;
- при использовании черновых баз установочные элементы должны выполняться с ограниченной опорной поверхностью;
- установочные элементы должны обладать достаточной жесткостью, износостойкостью и легко заменяться при ремонте.

Различают основные опоры и вспомогательные.

В свою очередь основные опоры бывают регулируемыми и самоустанавливающимися и служат для базирования детали или заготовки в приспособлении.

Вспомогательные опоры применяют не для базирования, а для повышения устойчивости, жесткости и виброустойчивости детали или заготовки в приспособлении.

Форма установочных элементов зависит от формы базовой поверхности детали или заготовки.

В качестве установочных элементов при базировании заготовок по плоским поверхностям используют точечные опоры со сферической, плоской и насеченной опорными поверхностями, опорные пластины и шайбы.

Данные установочные элементы выполняются в соответствии со стандартами:

- постоянные опоры с плоской (ГОСТ 13440-68), сферической (ГОСТ 13441-68) и насеченной (ГОСТ 13442-68) головками;
- шайбы опорные (ГОСТ 17778-72);
- опорные пластины (ГОСТ 4743-68).

Точечные опоры используют для установки небольших по размерам заготовок.

Опоры со сферической опорной поверхностью служат для установки на них деталей и заготовок с необработанными базами.

Детали и заготовки с обработанными базами устанавливают на опоры с плоской опорной поверхностью.

Опоры с насеченной опорной поверхностью, как правило, являются боковыми опорами или служат для установки по черновым базам [9; 10].

Точечные опоры запрессовывают непосредственно в корпус приспособления либо устанавливают через стальную закаленную втулку 1 (рис. 2.9), что повышает ремонтпригодность приспособления.

Верхние торцы втулок 1 шлифуют, что позволяет не шлифовать опоры.

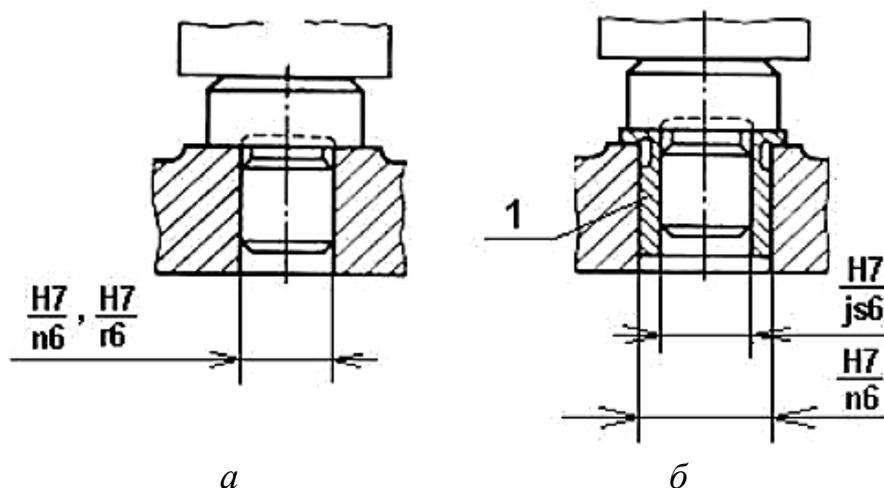


Рис. 2.9. Варианты установки точечных опор в корпусе приспособления:

a – непосредственно; *б* – через переходную втулку

Опорные шайбы и опорные пластины служат для установки заготовок по окончательно обработанным поверхностям. Шайбы используют для установки мелких, а пластины – средних и крупных по размерам заготовок.

Опорные пластины без пазов (исполнение 1) служат боковыми и верхними опорами, а опорные пластины с пазами (исполнение 2) – нижними опорами (для размещения в пазах стружки и исключения попадания стружки на базирующие поверхности) [9; 10].

Примеры схем установки заготовок плоскими поверхностями приведены на рис. 2.10.

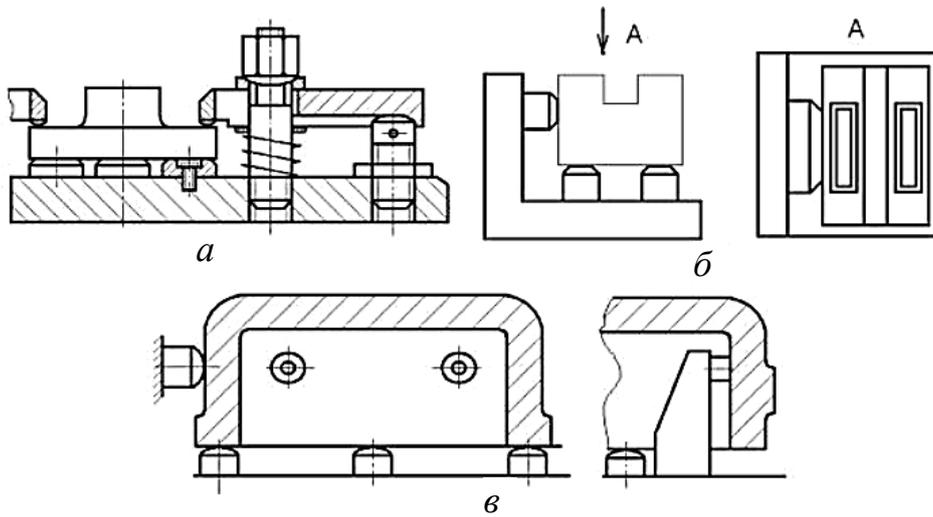


Рис. 2.10. Схемы установки заготовок плоскими поверхностями на:
a – опорные шайбы; *б* – опорные пластины; *в* – точечные опоры

Регулируемые опоры бывают винтовые и клиноплунжерные и приведены, соответственно, на рис. 2.11, 2.12, 2.13.

Их применяют в качестве основных и вспомогательных опор. Как основные они служат для установки заготовок необработанными поверхностями при больших изменениях припуска на механическую обработку, а также при выверке заготовок по разметочным рискам [1].

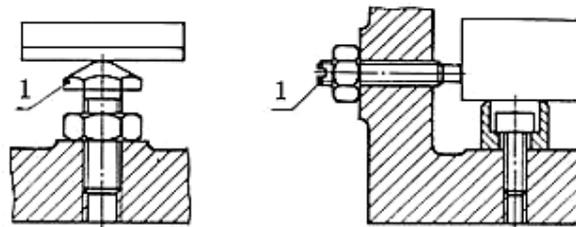


Рис. 2.11. Регулируемые винтовые опоры по ГОСТ 4085-68 и ГОСТ 4086-68 (где *1* – регулируемый винт)

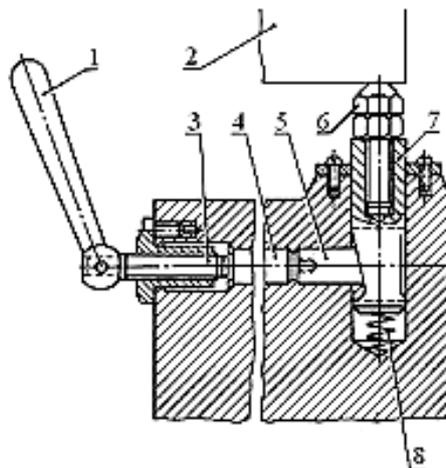


Рис. 2.12. Самоустанавливающаяся односточечная опора:
1 – рукоятка; *2* – деталь; *3*, *6* – винты; *4*, *5* – пальцы; *7* – плунжер; *8* – пружина

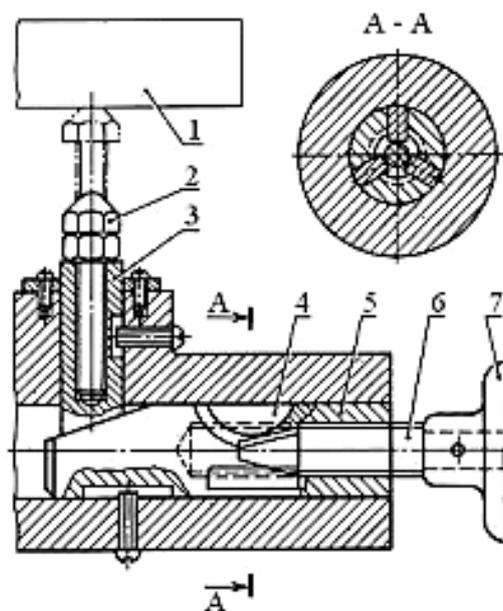


Рис. 2.13. Подводимая одноточечная клиновидная опора:
 1 – деталь; 2 – регулируемый винт; 3 – плунжер;
 4 – шпонка; 5 – клин; 6 – винт; 7 – рукоятка

В качестве установочных элементов *при установке деталей и заготовок по отверстию* используют установочные пальцы, оправки и самоцентрирующиеся патроны.

Оправки различают консольные и центровые. Они служат для закрепления заготовок с центральным отверстием (штулок, колец, шестерен), при изготовлении которых необходимо получить высокую соосность наружных и внутренних поверхностей и заданную перпендикулярность торцов к оси детали [1].

В зависимости от способа установки и центрирования обрабатываемых заготовок консольные и центровые оправки разделяют на:

- жесткие, зажимные механизмы которых имеют постоянные диаметры;
- разжимные, у которых изменяются диаметральные размеры центрирующего зажимного механизма.

К жестким оправкам (рис. 2.14) относятся конические, цилиндрические под запрессовку и цилиндрические с гарантированным натягом.

Рекомендуемая точность базового отверстия заготовки при установке на жесткие оправки – не ниже IT6–IT7.

Жесткие оправки выполняют из стали 20Х, цементируют на глубину 1,2–1,5 мм и закаляют до твердости HRC 55–60.

Конические оправки исключают погрешность базирования заготовки в радиальном направлении, но имеют ее в осевом. Точность центрирования составляет 0,005–0,01 мм. Заготовка на оправку насаживается легкими ударами торцом о стальную подставку. Благодаря расклинивающему действию оправки достигается совмещение осей оправки и базового отверстия. Кроме того, заготовка удерживается от поворота за счет достигнутого натяга, и зажима ее не требуется.

Цилиндрическая оправка с гарантированным зазором не имеет погрешности базирования в осевом направлении, но допускает ее в радиальном.

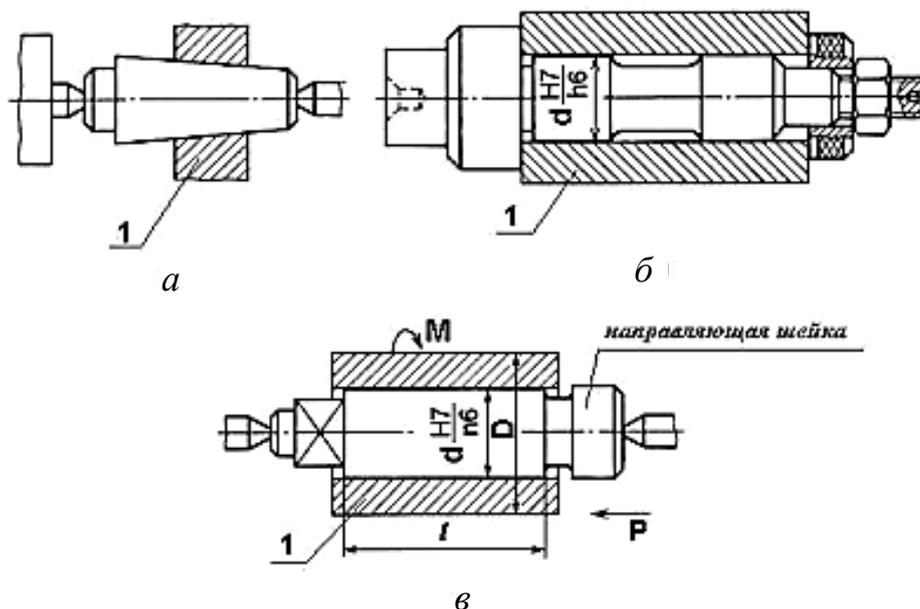


Рис. 2.14. Центровые жесткие оправки:
 а – конусная; б – цилиндрическая с гарантированным зазором;
 в – цилиндрическая с гарантированным натягом

Величину радиального зазора в сопряжении оправка-заготовка определяют по формуле [11]:

$$\Delta_{\text{гор}} = e^2 - e_{\text{оп}}^2 - 0,5(\Delta d_3 + \Delta D_{\text{оп}} + \delta_{\text{изн}}), \quad (2.1)$$

где e – допускаемая несоосность поверхностей вращения обработанной детали;

$e_{\text{оп}}$ – отклонение от соосности рабочей шейки оправки и тех ее поверхностей, которые служат для установки на станок (рекомендуется выдерживать в пределах IT2–IT5);

Δd_3 – поле допуска на диаметр заготовки;

$\Delta D_{\text{оп}}$ – поле допуска на диаметр рабочей шейки оправки (рекомендуется h6);

$\delta_{\text{изн}}$ – допуск на износ рабочей шейки оправки (рекомендуется 0,01–0,02 мм).

Проворачивание заготовки на оправке ограничивают затягиванием гайки, шпонкой или шлицами (если на заготовке имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие).

При установке заготовки на оправку с натягом погрешность базирования отсутствует, однако возможно повреждение базовой поверхности заготовки в процессе запрессовки и выпрессовки. Точность центрирования на оправках с натягом составляет 0,005–0,01 мм [6].

Давление p (МПа) в сопряжении заготовка – оправка, необходимое для надежного закрепления заготовки, находящейся под действием момента M (Н·мм) и силы P (Н) обработки, определяют по формуле [11].

$$p = \frac{K}{f \pi d l} \sqrt{\frac{M}{d}} + P, \quad (2.2)$$

где K – коэффициент запаса;

$f = 0,16$ – коэффициент трения между поверхностями заготовки и оправки;

d – внутренний диаметр заготовки, мм;

l – длина рабочей части оправки, мм.

На основании теории толстостенных сосудов минимально необходимый натяг можно определить по формуле [11]:

$$i_{\min} = pd \left(\frac{C_A}{E_A} + \frac{C_B}{E_B} \right), \quad (2.3)$$

где E_A и E_B – модули упругости материала заготовки и оправки, МПа;

$$C_A = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_A; \quad C_B = \frac{d_B^2 + d_o^2}{d_B^2 - d_o^2} - \mu_B; \quad (2.4)$$

где d_B и d_o – наружный и внутренний диаметры отверстия, мм;

D – наружный диаметр оправки, мм;

μ_A и μ_B – коэффициенты Пуассона для материала заготовки и оправки (для чугуна $\mu = 0,25$, для стали $\mu = 0,3$).

Исполнительный диаметр оправки можно определить как

$$d_B = d + \delta_o + i_{\min} + \delta_{\text{изг}} + \delta_{\text{изн}}, \quad (2.5)$$

где δ_o – допуск базового отверстия заготовки, мм;

$\delta_{\text{изг}}$ – допуск на изготовление оправки, мм;

$\delta_{\text{изн}}$ – допуск на износ оправки, мм.

Обычно принимают $\delta_{\text{изг}} = 0,01-0,02$ мм; $\delta_{\text{изн}} = 0,02-0,03$ мм.

Разжимные оправки, за счет наличия у них компенсирующих элементов, исключают влияние зазора на точность базирования заготовок. Могут быть с жесткими центрирующими зажимными элементами (кулачковые, клиноплунжерные, винтовые и др.) и с пружинящими (гидропластмассовые, с гофрированными втулками и др.).

В качестве установочных элементов *при базировании на установочные пальцы* используют один или два отверстия на обрабатываемой заготовке.

По конструктивному исполнению различают пальцы установочные:

- цилиндрические с упором (ГОСТ 16898-71);
- срезанные с упором (ГОСТ 16899-71);
- цилиндрические (ГОСТ 16900-71);
- цилиндрические срезанные (ГОСТ 16901-71);
- цилиндрические постоянные (ГОСТ 12209-66);
- срезанные постоянные (ГОСТ 12210-66);
- цилиндрические сменные (ГОСТ 12211-66);
- срезанные сменные (ГОСТ 12212-66);
- цилиндрические высокие (ГОСТ 17774-72);
- срезанные высокие (ГОСТ 17775-72) [9; 10].

Различают три отличных друг от друга схемы установки деталей с использованием установочных пальцев [1].

Когда за главную базу принимают торец детали 2 (рис. 2.15, *а*) то ее устанавливают на низком пальце 1. Торец детали является установочной базой, отверстие – двойной опорной базой.

Когда за основную базу принимают отверстие детали, то ее устанавливают на высоком пальце (рис. 2.15, *б*). Отверстие – двойная направляющая база, торец – опорная.

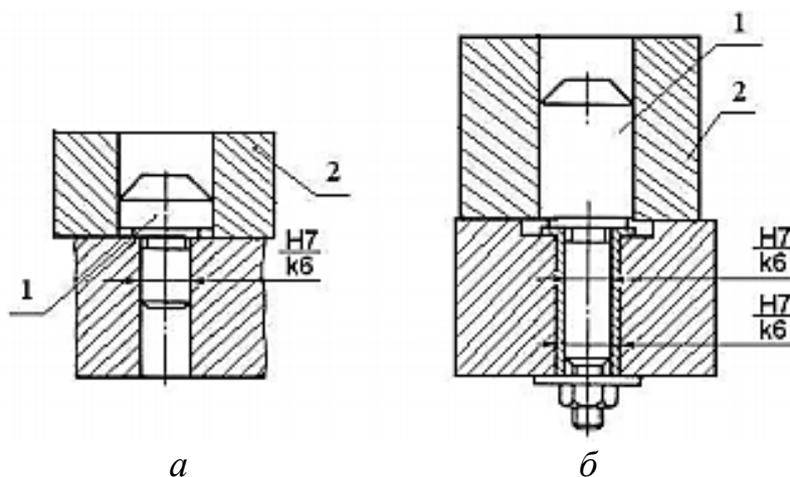


Рис. 2.15. Схемы установки детали на установочных пальцах:
а – на низком установочном пальце; *б* – на высоком установочном пальце

Схема установки детали по двум отверстиям и плоскости показана на рис. 2.16 [6].

Эта схема применяется для установки деталей типа корпусов, плит и рам. Базовые отверстия в заготовках обрабатывают не ниже IT8.

По плоскости заготовку устанавливают на опорные пластины или шайбы. Чтобы избежать заклинивания заготовки, один установочный палец используют цилиндрический, а второй – срезанный.

Для повышения точности обработки установочные пальцы размещают на возможно большем расстоянии друг от друга.

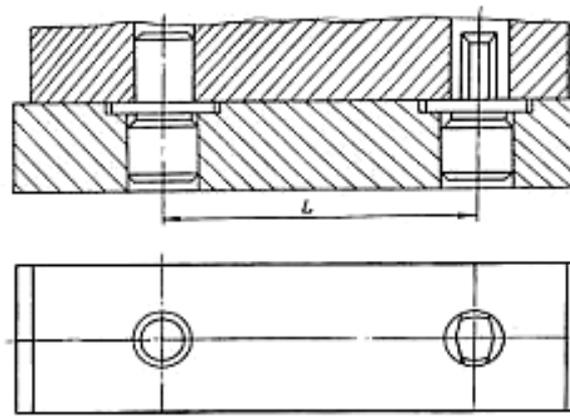


Рис. 2.16. Схема установки детали по двум отверстиям на два установочных пальца

Схема базирования заготовки на плоскость и цилиндрический и срезаанный установочные пальцы представлена на рис. 2.17.

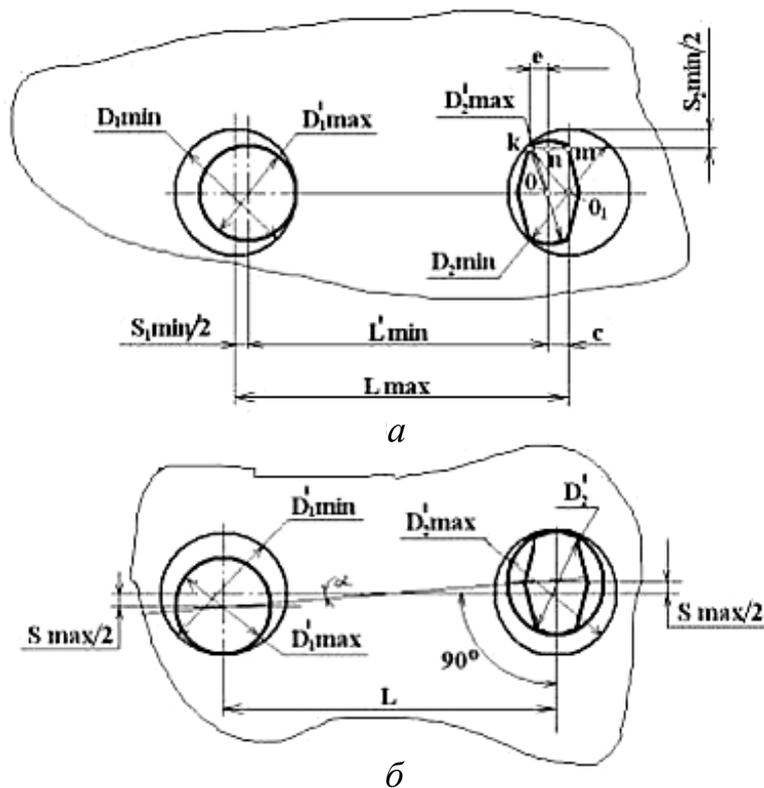


Рис. 2.17. Схемы для определения ширины рабочего участка срезаанного пальца (а) и расчета погрешности базирования при развороте заготовки (б)

Гарантированные (минимальные) диаметральные зазоры S_{1min} для цилиндрического и S_{2min} срезаанного пальцев (в соответствии с рис. 2.17, а) выбирают из конструктивных соображений. В зависимости от зазора определяют величину перемычки из треугольников O_{kn} и O_{1km} [11]:

$$2e = \frac{D_{2\min} S_{2\min}}{2c} - c;$$

$$c = L_{\max} - L_{\min}^I - \frac{S_{1\min}}{2}.$$

Параллельное смещение заготовки в пределах зазоров или ее повороты приводят к образованию погрешности базирования ε_6 . При параллельном смещении заготовки [11]:

$$\varepsilon_6 = \pm \left(\frac{S_{1\min}}{2} + \frac{T_{d1}}{2} + \frac{T_{d1}^I}{2} + \frac{T_{и1}^I}{2} \right),$$

где T_{d1} – допуск на отверстие под цилиндрический палец;

T_{d1}^I – допуск на цилиндрический палец;

$T_{и1}^I$ – допуск на износ цилиндрического пальца.

Наибольший угол поворота α заготовки определяют по формуле [11]:

$$\sin \alpha = \pm \left(\frac{S_{1\min} + T_{d1} + T_{d1}^I + S_{2\min} + T_{d2} + T_{d2}^I + T_{и1}^I + T_{и2}^I}{2L} \right),$$

где L – номинальное расстояние между осями базовых отверстий;

T_{d2} – допуск на диаметр отверстия под срезанный палец;

T_{d2}^I – допуск на рабочий диаметр срезанного пальца;

$T_{и2}^I$ – допуск на износ срезанного пальца.

В качестве установочных элементов *при установке деталей и заготовок по наружным цилиндрическим поверхностям* используют опорные призмы, втулки и самоцентрирующие патроны. Последние наряду с базированием обеспечивают закрепление заготовки. Поэтому их называют установочно-зажимными элементами приспособлений.

В призмы устанавливают заготовки деталей типа тел вращения с обработанными и необработанными базовыми поверхностями. Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы.

По конструктивному исполнению различают призмы: опорные (ГОСТ 12195-66); с боковым креплением (ГОСТ 12197-66); подвижные (ГОСТ 12193-66); установочные (ГОСТ 12194-66); неподвижные (ГОСТ 12196-66) [9; 10].

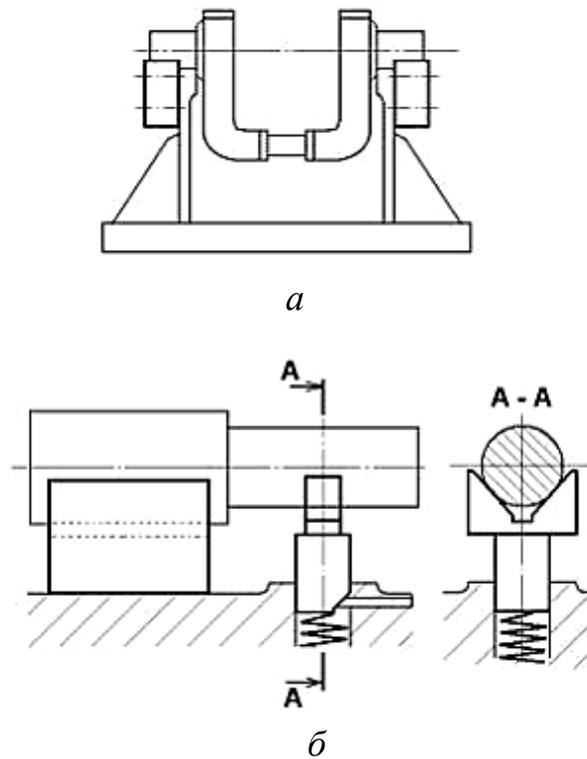


Рис. 2.18. Примеры установки заготовок наружной цилиндрической поверхностью:
a – коленчатого вала на две призмы; *б* – ступенчатого вала в призму
с использованием самоустанавливающейся опоры

Длинные заготовки устанавливают по двум сечениям в нестандартных призмах с разобращенными рабочими участками.

При установке деталей с необработанными базами поверхности контакта призмы выполняют узкими или применяют призмы с запрессованными точечными опорами (рис. 2.19).

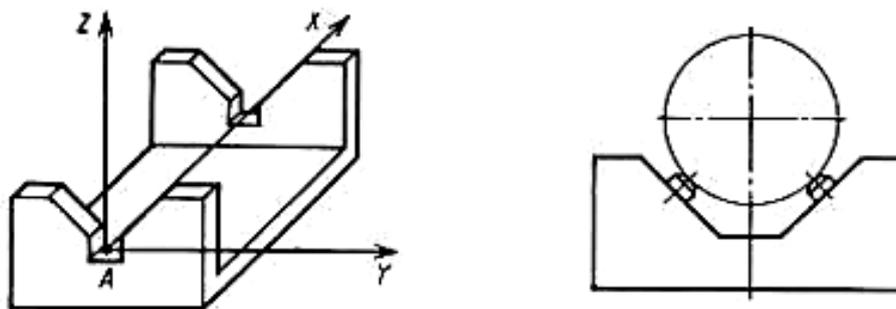


Рис. 2.19. Призмы для установки заготовок большой длины по необработанным поверхностям

Стандартизованные призмы имеют рабочий угол $\alpha = 90^\circ$.

Нестандартные призмы могут выполняться с рабочими углами 60° и 120° .

Призмы с $\alpha = 120^\circ$ применяют, когда заготовка не имеет полной цилиндрической поверхности и по небольшой дуге окружности нужно опре-

делить положение оси детали. Заготовка, помещенная на такой призме, имеет небольшую устойчивость.

Призмы с углом $\alpha = 60^\circ$ применяют для повышения устойчивости в том случае, когда имеются значительные силы.

Предельно допустимую нагрузку (H) на призму по условию контактной прочности определяют по формуле [11]:

$$F_{\text{пред}} = D_3 b,$$

где D_3 – диаметр заготовки, мм;

b – длина линии контакта заготовки с призмой, мм.

На рис. 2.20 приведены схемы установки на призму вала для фрезерования лыски.

Размер до лыски задан от различных измерительных баз:

– верхней образующей вала, связанной с обрабатываемой поверхностью размером h_1 (рис. 2.20, а);

– нижней образующей вала, связанной с обрабатываемой поверхностью размером h_2 (рис. 2.20, б);

– осью вала, связанной с обрабатываемой поверхностью размером h (рис. 2.20, в).

Во всех трех случаях валы установлены в призме наружной цилиндрической поверхностью, поэтому для размеров h_1 , h_2 и h вследствие несовпадения установочной и измерительной баз возникают погрешности базирования, величины которых зависят от допуска T_D на наружный диаметр валов и от рабочего угла α призмы [2; 3; 6; 11].

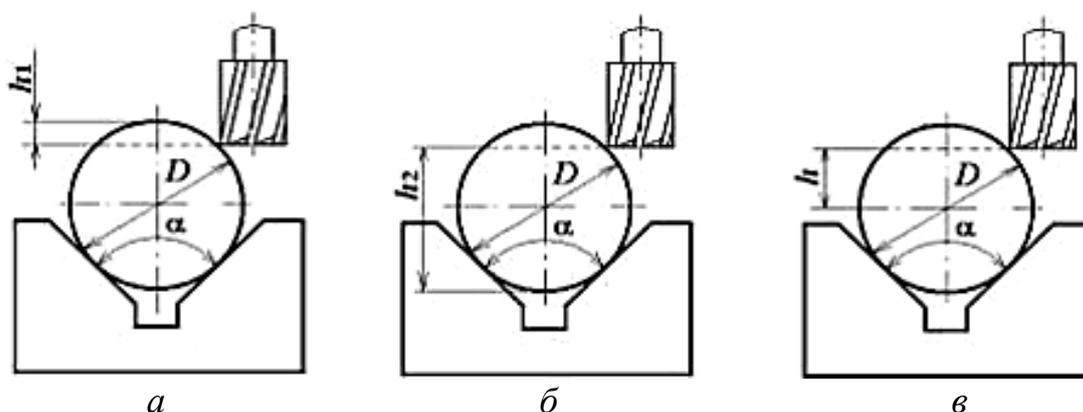


Рис. 2.20. Схемы для определения погрешностей базирования валов при их установке в призме

Величины погрешностей базирования при последовательной установке в призму обрабатываемых валов с наибольшим D_1 и наименьшим D_2 предельными размерами можно определить, пользуясь схемой на рис. 2.21.

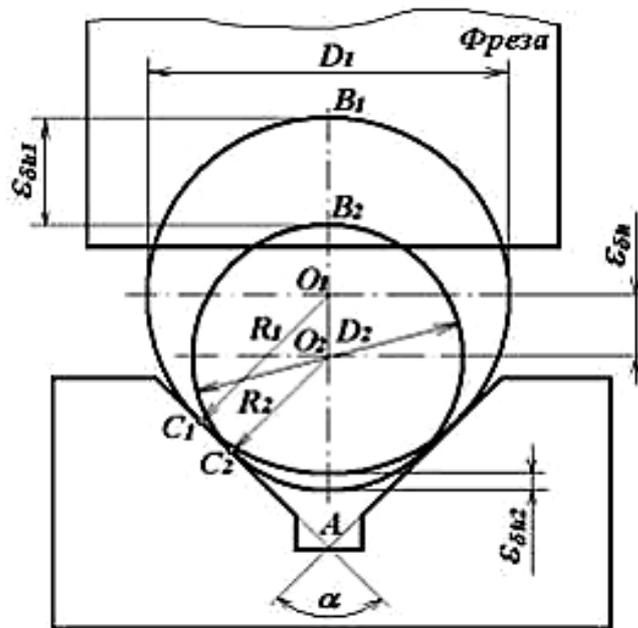


Рис. 2.21. Схема для определения погрешностей базирования валов, устанавливаемых цилиндрической поверхностью на призму

Определим расстояние Δh_1 – между верхними точками предельных диаметров валов, Δh_2 – между нижними точками предельных диаметров валов и Δh – между их осями.

Указанные расстояния и являются погрешностями базирования соответствующих размеров валов при установке в соответствии со схемой, изображенной на рис. 2.21.

Из геометрических построений в соответствии с рис. 2.21 определим [6; 11]:

$$\Delta h_1 = \varepsilon_{\delta_{h_1}} = AB_1 - AB_2 = \left[\frac{D_1}{2} + \frac{D_1}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right] - \left[\frac{D_2}{2} + \frac{D_2}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right] =$$

$$= \frac{(D_1 - D_2) \left[1 + \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{\Delta D \left[1 + \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)};$$

$$\Delta h_2 = \varepsilon_{\delta_{h_2}} = \frac{\Delta D \left[1 - \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)};$$

$$\Delta h = \varepsilon_{\delta h} = \frac{\Delta D}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}.$$

При обработке на фрезерных и сверлильных станках, когда требования к точности детали невелики, заготовку устанавливают во втулку с гарантированным зазором (рис. 2.22).

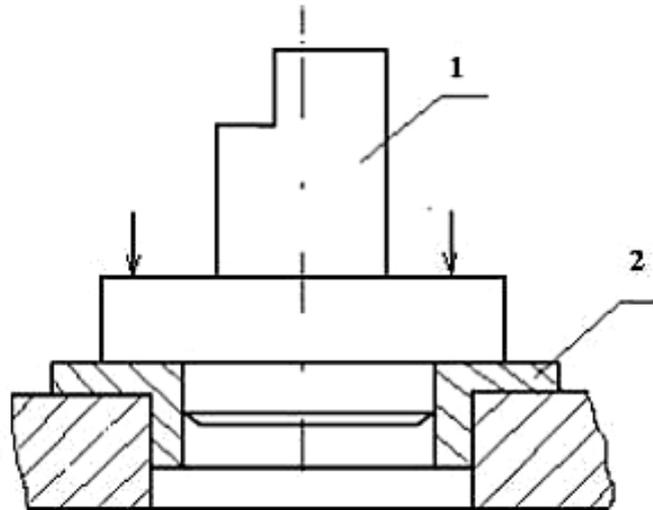


Рис. 2.22. Схема установки заготовки 1 наружной цилиндрической и плоской торцевой поверхностями во втулку 2

При установке во втулку возможно радиальное смещение заготовки в пределах зазора, обуславливающее возникновение погрешности базирования. Наибольшее радиальное смещение ε_{δ} равно половине максимального диаметрального зазора S_{\max} и определяется из равенства [6; 11]:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{2} = \frac{T_D}{2} + \frac{T_{DA}}{2} + \frac{S_{\min}}{2} + \frac{T_{и}}{2},$$

где T_D – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки;

T_{DA} – допуск на диаметр отверстия втулки;

S_{\min} – гарантированный минимальный зазор;

$T_{и}$ – допуск на износ втулки по диаметру.

Призмы и втулки изготавливают из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и закаливают до твердости HRC 56–61.

Нестандартные крупногабаритные призмы изготавливают из серого чугуна. Рабочие поверхности таких призм армируют стальными пластинами.

В качестве установочных элементов при установке заготовок по центровым отверстиям используют центры с углом при вершине 60° (рис. 2.23).

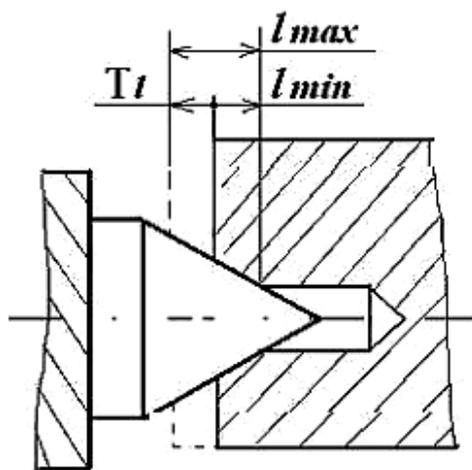


Рис. 2.23. Схема жесткого центра

Применяют жесткие и вращающиеся центры.

Для деталей типа труб и гильз, устанавливаемых конической фаской большого диаметра, применяют срезанные центры.

При необходимости передачи крутящего момента рабочие поверхности центров выполняют рифлеными.

При установке на жесткие передние центры возникает погрешность базирования для линейных размеров, обусловленная допуском на глубину зацентровки T_1 (рис. 2.23).

Для исключения этой составляющей погрешности базирования применяют плавающий передний центр (рис. 2.24). В этом случае при упоре в торец втулки 2 установочная и измерительные базы совпадают.

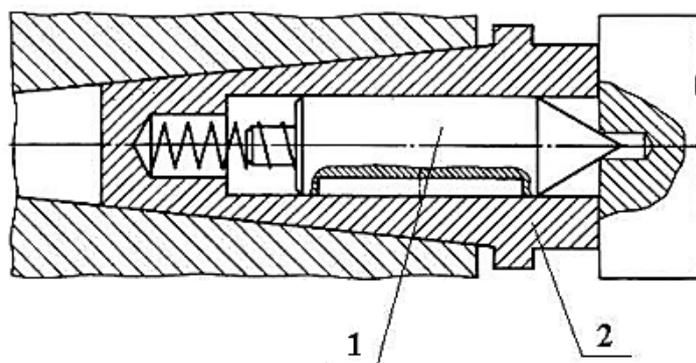


Рис. 2.24. Схема установки на плавающий передний центр

Комбинированную установку (рис. 2.25) применяют, когда в качестве баз используют совокупность отдельных элементарных поверхностей заготовок.

При этом необходимо обращать внимание на то, чтобы ни один из установочных элементов приспособления не дублировал функции другого [1].

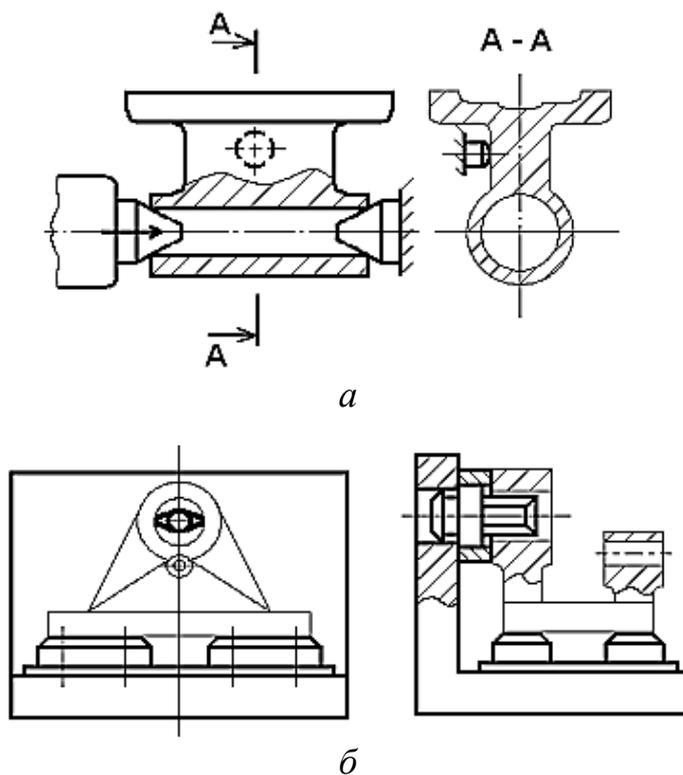


Рис. 2.25. Комбинированные схемы установки корпусных деталей:
а – на жесткий и подводимый центры с упором в жесткую точечную опору;
б – на опорные пластины и срезанный палец

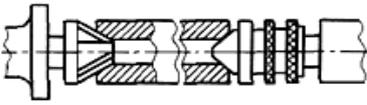
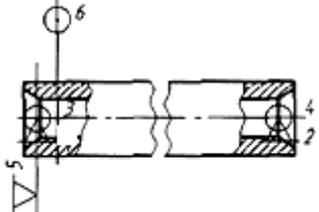
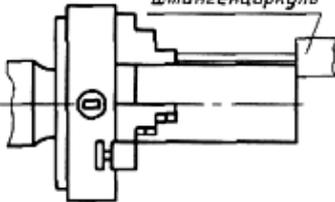
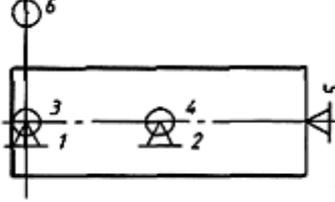
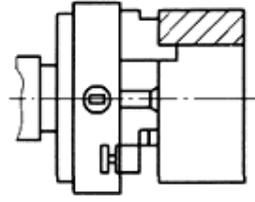
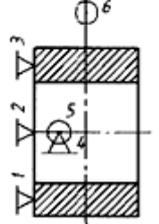
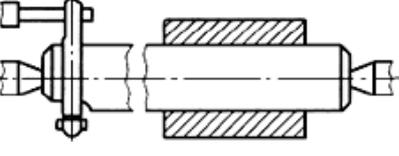
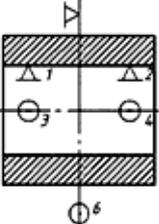
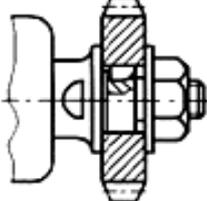
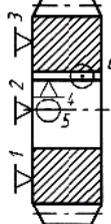
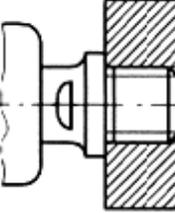
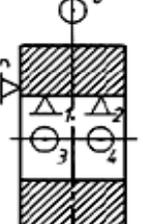
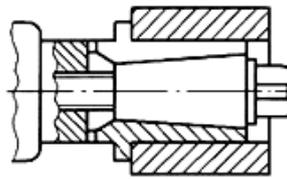
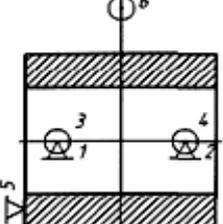
2.3. Схемы базирования деталей

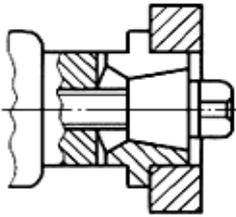
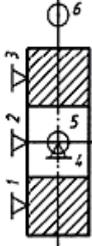
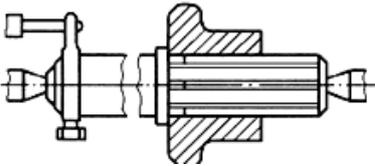
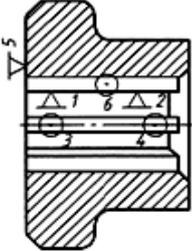
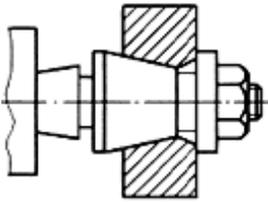
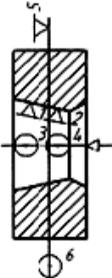
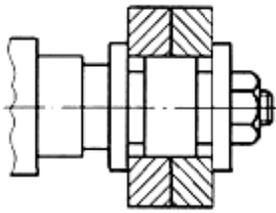
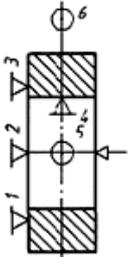
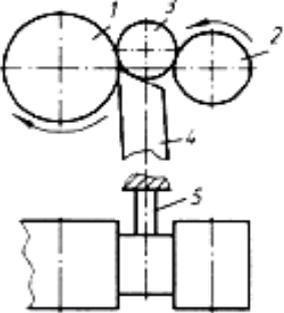
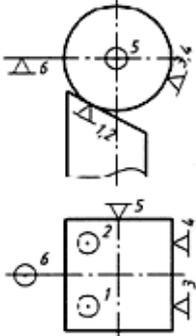
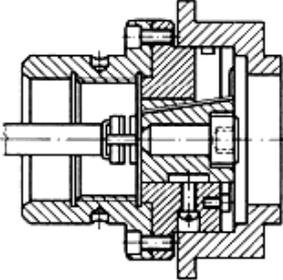
Ниже, в табл. 2.3, приведены описание базирования, схемы установки и теоретические схемы базирования в технологических процессах при выполнении механической обработки деталей и заготовок.

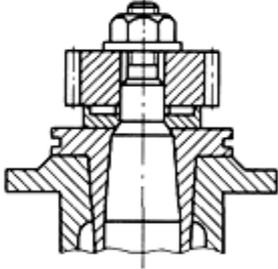
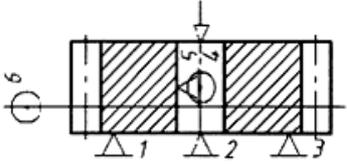
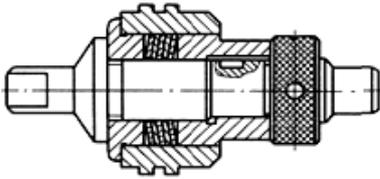
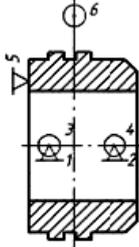
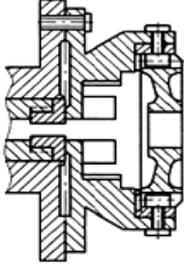
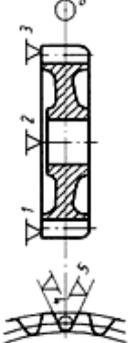
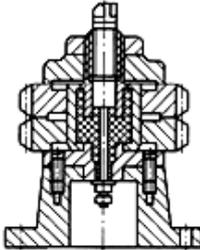
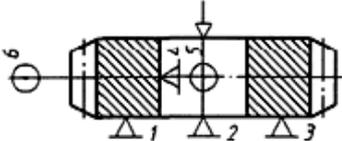
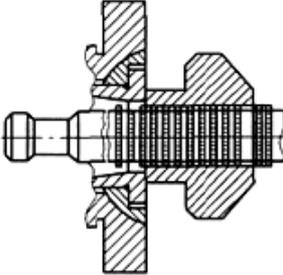
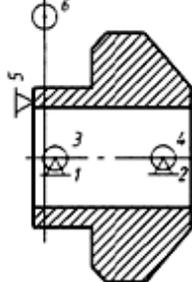
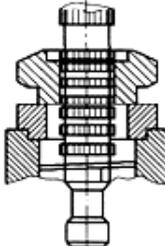
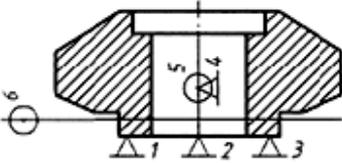
Таблица 2.3

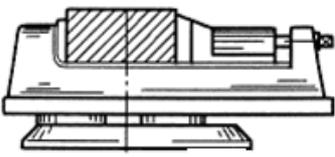
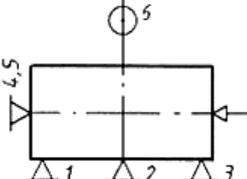
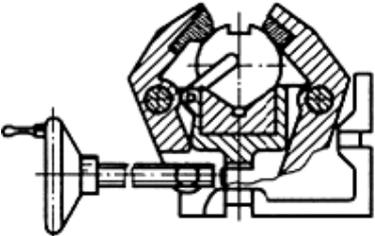
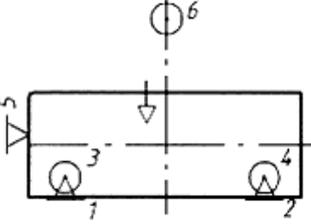
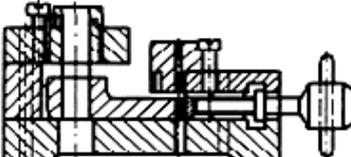
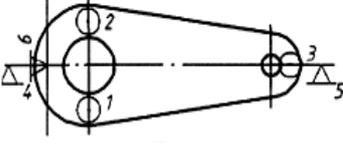
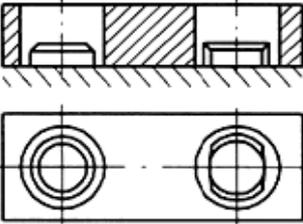
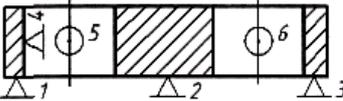
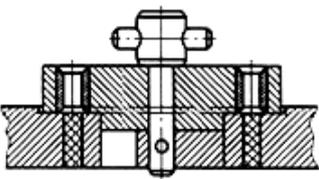
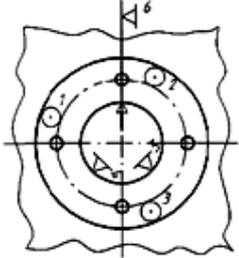
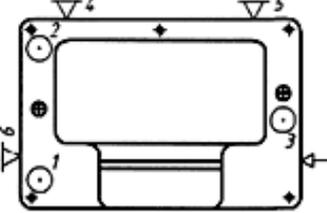
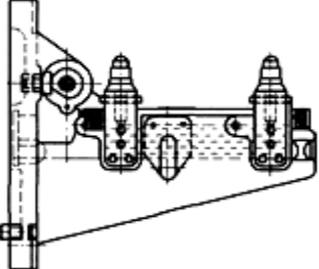
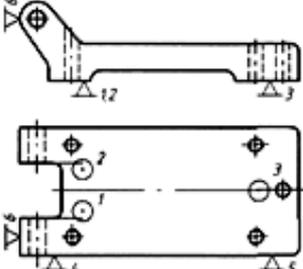
Схемы базирования деталей

Описание	Схема установки	Теоретическая схема базирования
1	2	3
В центрах с поводком с вращающимся центром и подвижным люнетом		
В центрах с поводком с вращающимся центром и подвижным люнетом		

1	2	3
В центрах с рифленным и вращающимся центром		
В трехкулачковом самоцентрирующем патроне с базированием по наружному диаметру без упора в торец	 <p style="text-align: center;"><i>Штангенциркуль</i></p>	
В трехкулачковом патроне в разжим с базированием по торцу		
На жесткой центровой конусной или цилиндрической оправке с натягом в центрах с базированием по отверстию		
На консольной оправке со шпонкой с базированием по торцу		
На резьбовой консольной оправке с базированием по резьбе		
На разжимной консольной оправке с базированием по отверстию		

1	2	3
<p>На разжимной консольной оправке с базированием по торцу</p>		
<p>На шлицевой оправке в центрах с базированием по отверстию</p>		
<p>На жесткой конусной консольной оправке с базированием по отверстию</p>		
<p>На жесткой консольной оправке с базированием по торцу</p>		
<p>По обрабатываемой поверхности при бесцентровом врезном шлифовании <i>1</i> – шлифовальный круг; <i>2</i> – ведущий круг; <i>3</i> – заготовка; <i>4</i> – опора; <i>5</i> – продольный упор</p>		
<p>На оправке с креплением по отверстию</p>		

1	2	3
<p>На жесткой оправке с креплением по торцу</p>		
<p>На оправке в разжим с базированием по отверстию</p>		
<p>В приспособлении с роликами с базированием по торцу</p>		
<p>Крепление на оправке с гидропластом</p>		
<p>Базирование по отверстию по сферической опоре при протягивании</p>		
<p>Базирование по торцу и с жесткой опорой при протягивании</p>		

1	2	3
В машинных тисках		
В призматических тисках		
Крепление в призмах		
На плоскость, круглый и резанный пальцы с вертикальными осями		
В накладном кондукторе		
В кондукторе		
В кондукторе на поворотном столе		

Контрольные вопросы

1. Какова цель базирования?
2. По какому признаку классифицируются базы?
3. Для чего назначается технологическая база и чем следует руководствоваться при выборе базовых поверхностей?
4. Какие два условия выполняются при выборе главной базы в комплекте?
5. Как изображаются на технологическом эскизе схема базирования и опорные точки?
6. Что необходимо учитывать при выборе схемы установки и ее реализации?
7. С помощью чего можно придать заготовке устойчивое положение?
8. Что такое полное и частичное базирование и обоснование его применения?
9. Как осуществляется базирование по двум взаимно перпендикулярным поверхностям и цилиндрическому отверстию?

3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. Общие принципы расчета зажимных сил и определение расчетных факторов

На заготовку при обработке действуют силы обработки, объемные силы (вес заготовки, центробежные и инерционные силы), силы случайного и второстепенного характера, а также силы зажима и реакций элементов приспособления. При этом заготовка должна находиться в равновесии.

Все перечисленные силы – величины векторные, имеющие каждая свое направление и значение. Поэтому необходим силовой расчет приспособления для определения места приложения, направления и величины силы зажима.

Расчет величины силы зажима сводится, как правило, к решению задачи статического равновесия заготовки, находящейся в приспособлении, под действием всех приложенных к ней сил и моментов [1; 6].

В прямоугольной системе координат $OXYZ$ заготовка может сдвигаться в плоскостях XOY , YOZ , XOZ и поворачиваться относительно осей OX , OY и OZ . При этом условие пространственного равновесия заготовки можно описать шестью уравнениями статики [3; 11]:

$$k \sum P_{\text{акт}} x = \sum F_{\text{прот}} x;$$

$$k \sum P_{\text{акт}} y = \sum F_{\text{прот}} y;$$

$$k \sum P_{\text{акт}} z = \sum F_{\text{прот}} z;$$

$$k \sum M_{\text{акт}} x = \sum M_{\text{прот}} x;$$

$$k \sum M_{\text{акт}} y = \sum M_{\text{прот}} y;$$

$$k \sum M_{\text{акт}} z = \sum M_{\text{прот}} z,$$

где k – коэффициент запаса;

$\sum M_{\text{акт}}$ – суммы активных сил и моментов, стремящихся сдвинуть заготовку в соответствующих плоскостях и повернуть ее относительно соответствующих осей координат;

$\sum M_{\text{прот}}$ – суммы сил и моментов, противодействующих сдвигу и повороту заготовки в приспособлении.

Наличие сил и моментов, противодействующих сдвигу и повороту заготовки при обработке в приспособлении, является результатом действия сил зажима, значения которых определяются решением плоских задач из условий равновесия заготовки в одном или нескольких направлениях.

Коэффициент запаса k определяют как произведение семи частных коэффициентов [10]:

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

где $k_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

k_1 – коэффициент, учитывающий неровности обрабатываемой поверхности, при черновой обработке $k_1 = 1,2$; при чистовой обработке $k_1 = 1,0$;

k_2 – коэффициент, учитывающий затупление режущего инструмента;

k_3 – коэффициент, учитывающий прерывистую обработку: при точении и фрезеровании $k_3 = 1,2$; при непрерывной обработке $k_3 = 1,0$;

k_4 – коэффициент, учитывающий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: при использовании пневматических, гидравлических приводов двустороннего действия, магнитных, вакуумных и других зажимных механизмов $k_4 = 1,0$; при использовании пневмокамер, пневморычажных зажимных механизмов, диафрагменных, гидропластмассовых и других приспособлений $k_4 = 1,2$; для ручных, пневмо- и гидроцилиндров одностороннего действия $k_4 = 1,3$;

k_5 – коэффициент, учитывающий неудобство расположения рукоятки и угла ее поворота более 90° , $k_5 = 1,2$;

k_6 – коэффициент, учитывающий наличие крутящих моментов, стремящихся повернуть заготовку, и вид опор. При установке изделий плоской поверхностью на точечные опоры (при постоянном расположении точек контакта) $k_6 = 1,0$; если заготовка установлена на опорные пластины, $k_6 = 1,5$.

Если при расчете коэффициент запаса окажется меньше 2,5, то принимают $k = 2,5$.

Эффективность зажима в значительной степени зависит от направления и места приложения силы.

При выборе ее направления необходимо учитывать следующие правила:

1) сила зажима должна быть перпендикулярна к плоскостям установочных элементов, чтобы обеспечить контакт с опорами базовых поверхностей и исключить при зажиме сдвиг заготовки;

2) при базировании заготовки по нескольким базовым, плоским поверхностям сила зажима должна быть направлена к тому установочному элементу, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта;

3) направления силы зажима и силы тяжести заготовки должны совпадать (это облегчит работу зажимного устройства);

4) направление силы зажима по возможности должно совпадать с направлением силы обработки.

При выборе места приложения силы зажима следует придерживаться следующих правил:

1) сила зажима не должна приводить к опрокидыванию заготовки или ее сдвигу по установочным элементам. Для этого необходимо, чтобы точка приложения силы зажима проецировалась:

а) на установочный элемент (как можно ближе к его центру) или в треугольник, образованный линиями, соединяющими центры трех установочных элементов, расположенных в одной плоскости (как можно ближе к центру или в центр тяжести треугольника опор);

б) на участок поверхности заготовки, параллельной поверхности установочных элементов, воспринимающих силу зажима;

2) действие сил зажима и вызываемых ими реакций опор не должно приводить к созданию изгибающих моментов, которые отрицательно сказываются на точности обработки нежестких заготовок;

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

Чем точнее будут выполнены перечисленные правила при выборе точки приложения силы зажима, тем выше будут эффективность зажима и точность обработки заготовки.

3.2. Характеристика зажимных устройств

Основное назначение зажимного устройства – обеспечить надежный контакт заготовки с установочными элементами и предотвратить в процессе обработки смещение заготовки под действием сил.

Потребность в зажимных устройствах исключается в случаях, когда [1; 3; 6; 11]:

1) силы обработки весьма малы по сравнению с весом заготовок и силами трения;

2) силы обработки (сборки) по направлению таковы, что не могут нарушить положение заготовки, обусловленное базированием.

Основные требования к зажимным устройствам:

1) простота, надежность, жесткость и износостойкость;

2) постоянная по величине сила закрепления и минимальное время закрепления-открепления заготовки;

3) отсутствие деформации заготовки и ее смещения в процессе закрепления.

Выполнение требований, предъявляемых к зажимным устройствам, связано с правильным определением значений, направления и мест приложения сил зажима. Анализ зажимов и приводов приспособления предполагает выявление их устройства, принципа действия, расчетных размеров, а также групп, к которым относятся рассматриваемые зажимы.

При определении потребных сил зажима в случаях, когда силы обработки совпадают с ними по направлению, иногда необходимо учитывать упругие характеристики зажимных устройств. В этом плане применяемые в приспособлениях зажимные устройства подразделяются на два типа [11]:

1) самотормозящие устройства: винтовые, клиновые, эксцентриковые и другие механизмы, обеспечивающие жесткое замыкание независимо от вида привода. Упругие отжатия таких устройств прямо пропорциональны приложенной силе;

2) автоматизированные зажимные устройства: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические механизмы прямого действия без промежуточных элементов. Если к зажимному элементу этих устройств приложить возрастающую силу, то перемещение элемента не произойдет до тех пор, пока значение этой силы не превысит определенный уровень, после чего шток сразу переместится на значительную величину.

3.3. Типовые схемы установки деталей и расчет сил зажима [1; 3; 6; 11]

1. Силы обработки P и зажима F_3 прижимают заготовку к установочным элементам (рис. 3.1, а). Когда сила P постоянна, сила зажима F_3 может отсутствовать. Если при обработке возникает сдвигающая сила N , направленная противоположно силе зажима, то

$$F_3 = kN.$$

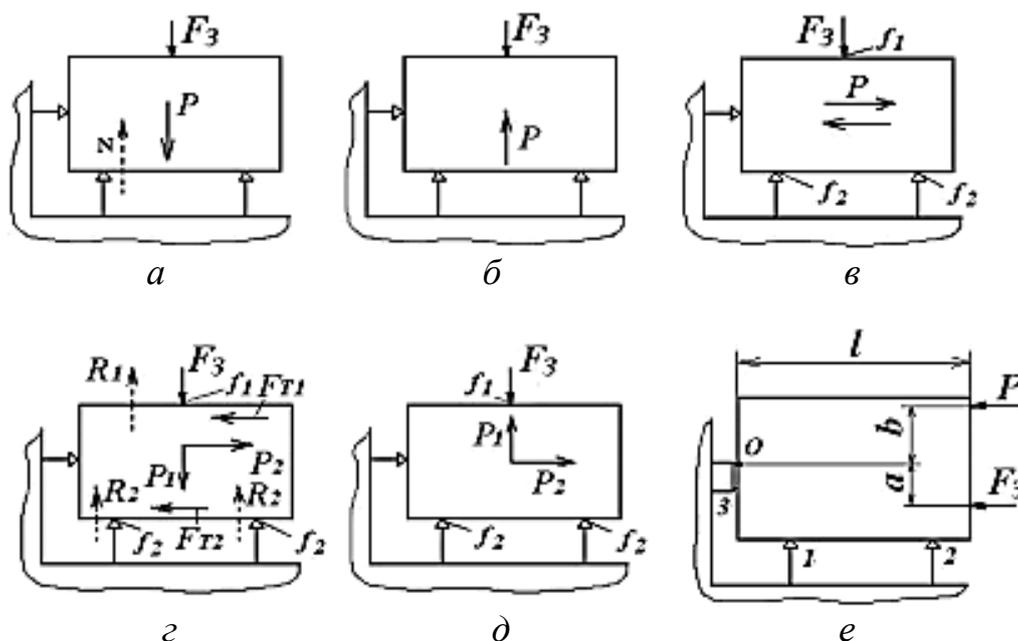


Рис. 3.1. Типовые расчетные схемы для определения силы зажима

2. Сила обработки P направлена противоположно силе зажима F_3 (рис. 3.1, б). Для зажимных устройств второго типа должно выполняться условие

$$F_3 = kP.$$

Для зажимных устройств первого типа справедливо равенство

$$kP = F_3 \left(1 + \frac{J_I}{J_{II}} \right).$$

3. Сила обработки стремится сдвинуть деталь с установочных элементов (рис. 3.1, в). Смещению детали препятствуют силы трения в местах контакта детали с зажимными и установочными элементами. Следовательно

$$kP = F_3 f_1 + F_3 f_2,$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения, соответственно в контакте деталь – зажимной механизм и деталь – установочные элементы.

4. Сила обработки P_1 направлена к опорам (рис. 3.1, з), а P_2 стремится сдвинуть заготовку по установочным элементам.

Для зажимных устройств второго типа имеем

$$kP_2 = (F_3 + P_1) f_2 + F_3 f_1.$$

Для зажимных устройств первого типа действие силы P_1 приводит к появлению реакций R_2 и R_1 в опорах и в месте приложения силы зажима соответственно. По аналогии со случаем, представленным на рис. 3.1, б, реакции R_1 и R_2 можно определить по формулам:

$$R_1 = F_3 - P_1 \left(\frac{J_I}{J_I + J_{II}} \right);$$

$$R_2 = F_3 + P_1 \left(\frac{J_{II}}{J_I + J_{II}} \right).$$

Тогда условие равновесия заготовки определяется равенством

$$kP_2 = f_1 R_1 + f_2 R_2.$$

Подставляем в полученное равенство значения R_1 и R_2 и решаем полученное уравнение относительно силы зажима.

5. В отличие от предыдущего случая сила P_1 направлена противоположно зажимному устройству (рис. 3.1, д). Расчет требуемой силы зажима F_3 осуществляется при следующих условиях (без учета веса заготовки). Сила зажима F_3 должна:

- а) обеспечивать надежный контакт детали с опорами;
- б) предупреждать сдвиг заготовки в направлении действия силы P_2 .

Расчет величины силы зажима при использовании механизма второго типа производится в следующем порядке:

– для выполнения первого условия (а) уравнение равновесия принимает вид

$$kP_1 = F'_3;$$

– для выполнения второго условия (б) должно быть справедливым равенство (без учета веса заготовки)

$$kP_2 = F_3''f_1 + (F_3'' - P_1)f_2.$$

В качестве потребной силы зажима принимается большее из полученных значений F_3' и F_3'' . При использовании зажимного устройства первого типа действие силы P_1 может привести к изменению первоначальных реакций зажимных и установочных элементов.

Для первого условия (а) уравнение равновесия примет вид

$$kP_1 \left(\frac{J_{II}}{J_I + J_{II}} \right) = F_3'.$$

Для второго условия (б) потребную силу зажима следует рассчитывать по реакциям зажимного R_1 и установочных R_2 элементов:

$$R_1 = F_3'' + P_1 \left(\frac{J_I}{J_I + J_{II}} \right);$$

$$R_2 = F_3'' - P_1 \left(\frac{J_{II}}{J_I + J_{II}} \right).$$

Силы трения, препятствующие сдвигу заготовки, в данном случае будут определяться из выражения

$$F_1 + F_2 = R_1f_1 + R_2f_2.$$

Уравнение равновесия (с учетом коэффициента запаса) примет вид

$$kP_2 = F_1 + F_2 = \left[F_3'' + P_1 \frac{J_I}{J_I + J_{II}} \right] f_1 + \left[F_3'' - P_1 \frac{J_{II}}{J_I + J_{II}} \right] f_2,$$

откуда

$$F_3'' = \frac{kP_2 - f_1P_1 \frac{J_I}{J_I + J_{II}} + f_2P_1 \frac{J_{II}}{J_I + J_{II}}}{f_1 + f_2}.$$

Из полученных значений F_3' и F_3'' выбирается большее и принимается за расчетную требуемую силу F_3 .

6. Рассмотрим случай, когда силы обработки создают опрокидывающие моменты, а зажимные устройства противодействуют опрокидыванию заготовок.

Сила обработки P (рис. 3.1, *e*) на плече b создает относительно точки O опрокидывающий момент M , сила зажима F_3 на плече a – противодействующий опрокидыванию заготовки момент $M_{\text{пр}}$. Расположение точки приложения силы F_3 ниже центра опорной пластины 3 обеспечивает надежный контакт заготовки с опорами 1 и 2.

Условие равновесия в данном случае выражается уравнением (без учета возникающих на опорах 1 и 2 сил трения)

$$kM = kPb = F_3a + F_3f\ell.$$

7. На деталь, центрированную по внутренней выточке и прижимаемую к опорам в двух или более местах закрепления (рис. 3.2, *a*), действуют момент M и осевая сила P .

Для механизмов второго типа при наличии приспособления с высокой жесткостью зажима в тангенциальном направлении (т. е. касательно к детали в месте приложения силы зажима) имеем

$$kM = f_1F_3R_1 + f_2F_3R_2 + f_2PR_2.$$

Если жесткость зажимного устройства в тангенциальном направлении мала, то силой трения между заготовкой и прижимами пренебрегают. Для механизмов первого типа при высокой жесткости зажимного механизма в тангенциальном направлении сила P вызывает изменение реакций опор и зажимного устройства:

$$T_1 = F_3 - P \left(\frac{J_I}{J_I + J_{II}} \right);$$

$$T_2 = F_3 + P \left(\frac{J_{II}}{J_I + J_{II}} \right),$$

откуда

$$kM = f_1T_1R_1 + f_2T_2R_2.$$

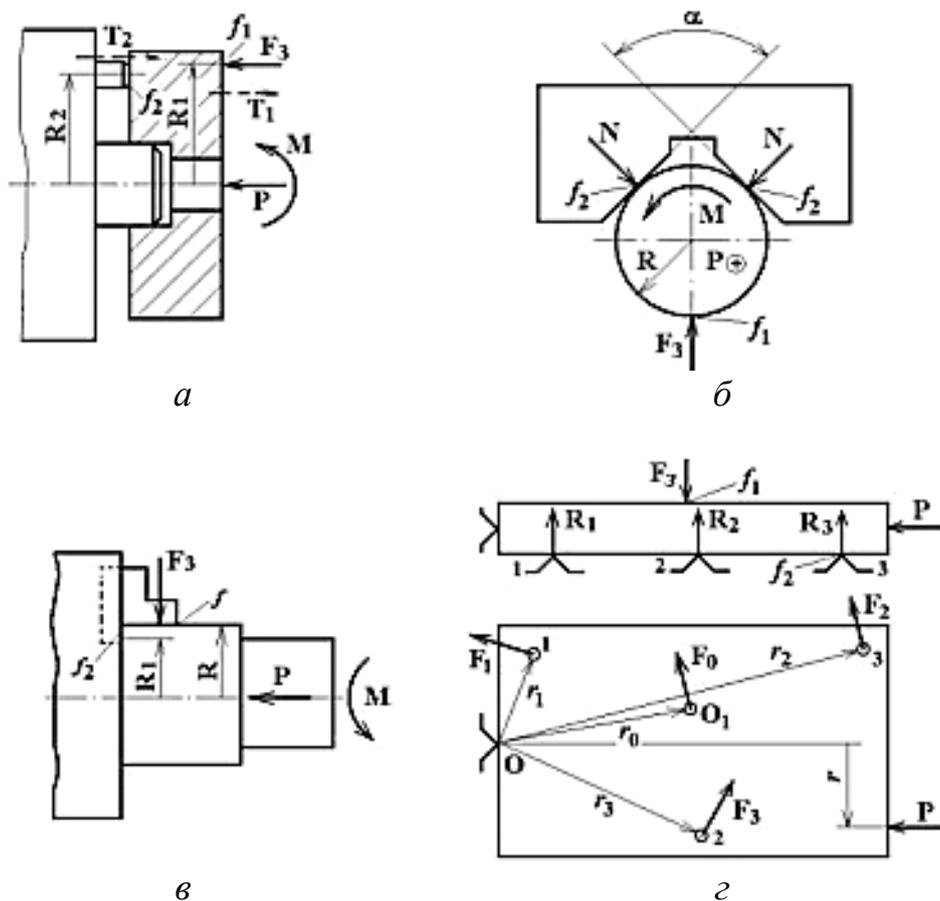


Рис. 3.2. Типовые расчетные схемы для определения силы зажима

Если жесткость зажимного устройства в тангенциальном направлении мала, то силой трения между заготовкой и прижимами пренебрегают.

8. Цилиндрическая деталь установлена в призму с углом α и закреплена силой F_3 (рис. 3.2, б).

Не принимая во внимание трение на торце детали, для случая, когда $M \neq 0$ и осевая сила $P = 0$, имеем

$$kM = f_1 R F_3 + f_2 R F_3 \frac{1}{\sin(\alpha/2)}.$$

В случае, если $P \neq 0$ $M = 0$, формула принимает вид

$$kP = f_1' F_3 + f_2' F_3 \frac{1}{\sin(\alpha/2)},$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения в продольном направлении.

9. Деталь, установленная в трехкулачковом патроне, находится под воздействием момента M и осевой силы P (рис. 3.2, в). Силу зажима можно определить по формуле

$$F_k = \frac{kM}{3fR},$$

где f – коэффициент трения на поверхностях кулачков;
 R – радиус заготовки.

При больших значениях P могут возникнуть дополнительные силы трения между торцом детали и уступами кулачков. Если

$$P/3 = F_3 f_1,$$

где f_1 – коэффициент трения при перемещении детали вдоль опор, то силу F_3 рассчитывают из условия

$$kM = 3fRF_3 + 3f_2R_1 \left(\frac{P}{3} - f_1F_3 \right),$$

где f_2 – коэффициент трения в местах контакта детали с уступами кулачков;
 R_1 – средний радиус контакта по уступам.

10. Деталь установлена горизонтальной и боковой плоскими поверхностями (рис. 3.2, *з*).

Сила обработки P стремится повернуть деталь вокруг точки O . Противодействуют повороту детали силы трения F_1 , F_2 и F_3 (в контактах установочных элементов с деталью) и сила трения F_O от силы зажима F_3 (без учета веса детали). Все вышеуказанные силы создают моменты трения $M_{тр}$, $M_{тр1}$, $M_{тр2}$ и $M_{тр3}$.

Уравнение равновесия в данном случае можно записать так:

$$kM_P = kPr = M_{тр} + M_{тр1} + M_{тр2} + M_{тр3} = F_3 f_1 r_0 + F_3 f_2 (ar_1 + br_2 + cr_3),$$

где a , b , c – коэффициенты, показывающие части (доли) силы F_3 , соответствующие реакциям R_1 , R_2 и R_3 опор 1, 2 и 3.

Сумма коэффициентов a , b и c равна 1. При расположении точки приложения силы F_3 в центре тяжести треугольника опор O_1 коэффициенты $a = b = c = 1/3$, а реакции опор R_1 , R_2 и $R_3 = F_3 / 3$. В противном случае указанные коэффициенты находят из уравнений статики.

11. В отличие от схемы, показанной на рис. 3.2, *а*, заготовка установлена на кольцевую поверхность (рис. 3.3, *а*). При равномерном давлении на поверхность имеем аналогичные четыре случая расчета:

– для механизма второго типа с высокой жесткостью зажимного механизма в тангенциальном направлении

$$F_3 = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 R_1};$$

– для механизма второго типа с низкой жесткостью зажимного механизма в тангенциальном направлении

$$F_3 = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}};$$

– для механизма первого типа с высокой жесткостью зажимного механизма в тангенциальном направлении

$$F_3 = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \frac{j_{II}}{j_I + j_{II}} + f_1 P R_1 \frac{j_I}{j_I + j_{II}}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 R_1};$$

– для механизма первого типа с низкой жесткостью зажимного механизма в тангенциальном направлении

$$F_3 = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \frac{j_{II}}{j_I + j_{II}}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}.$$

12. Заготовка установлена на опорные пластины и базируется боковыми плоскостями. Сила P стремится повернуть заготовку вокруг опоры O (рис. 3.3, б).

Момент силы P уравнивается моментом сил трения на поверхностях контакта заготовки с установочными и зажимными элементами [12].

$$kPr = M_{тр}.$$

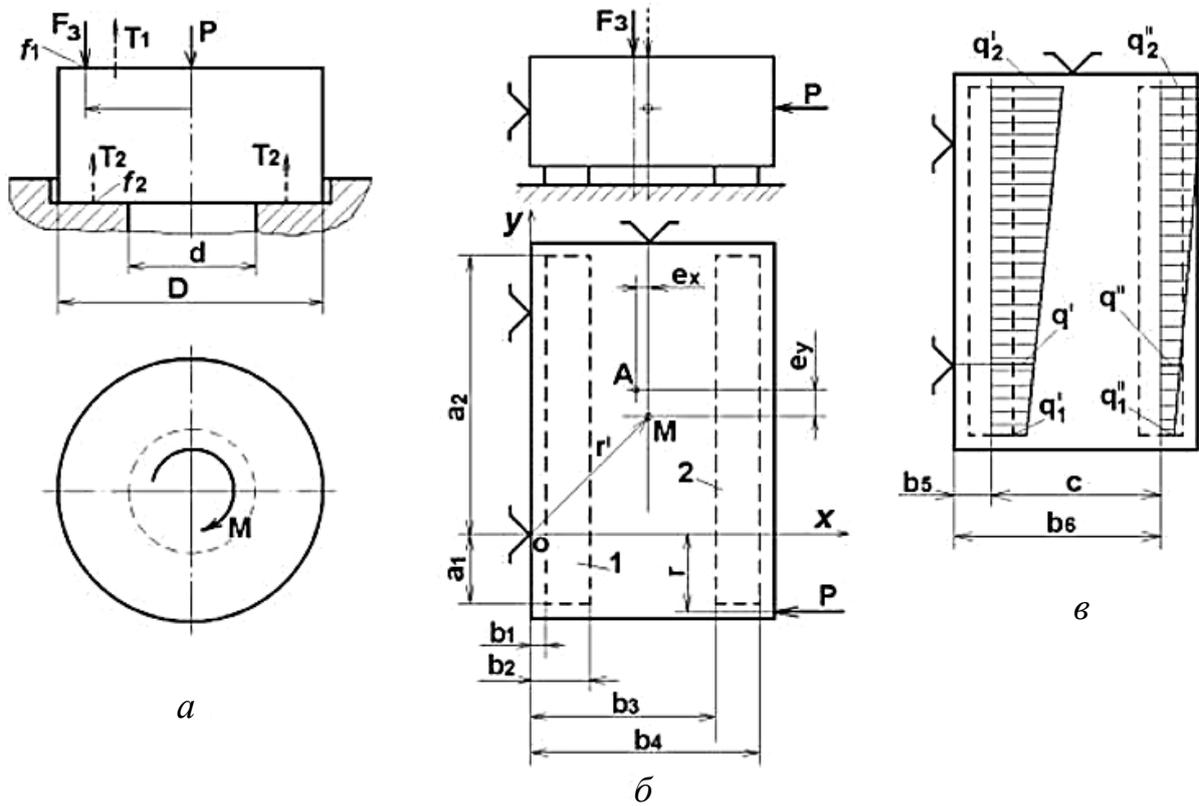


Рис. 3.3. Типовые расчетные схемы для определения силы зажима

Если сила F_3 приложена в центре тяжести опорных поверхностей пластин и давление q постоянно, то

$$M_{\text{тр}} = f_2 q \int_{S_1} \rho_1 dS_1 + f_2 q \int_{S_2} \rho_2 dS_2 + f_1 F_k r^I,$$

где S_1 и S_2 – площади опорных поверхностей пластин;

$$q = \frac{F_k}{S_1 + S_2};$$

$$\rho_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2};$$

$$dS_1 = dx_1 dy_1;$$

$$\rho_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2};$$

$$dS_2 = dx_2 dy_2.$$

После подстановки этих величин в выражение для определения $M_{\text{тр}}$ получим

$$M_{\text{тр}} = f_2 q \iint_{S_1} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} dx_1 dy_1 + f_2 q \iint_{S_2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} dx_2 dy_2 + f_1 F_k r^I.$$

Вводя пределы интегрирования в соответствии с рис. 3.3, б, получим

$$M_{\text{тр}} = f_2 q \int_{a_1}^{a_2} \int_{b_1}^{b_2} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} dx_1 dy_1 + f_2 q \int_{a_1}^{a_2} \int_{b_1}^{b_2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} dx_2 dy_2 + f_1 F_k r^I.$$

Точное определение $M_{\text{тр}}$ сложно для практического пользования. Приближенное решение можно получить (погрешность не более 4 %), принимая

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96x + 0,4y \quad \text{при } x > y;$$

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96y + 0,4x \quad \text{при } x < y.$$

Если сила зажима F_3 приложена в точке A , смещенной относительно центра тяжести M опорных пластин, то давление непостоянно. Нагрузка на пластину I

$$F_3^I = F_3 \left(\frac{e_x}{c} + 0,5 \right),$$

где e_x – смещение точки приложения силы зажима;

c – расстояние между пластинами.

Соответственно нагрузка на пластину 2

$$F_3^{II} = F_3 \left(0,5 - \frac{e_x}{c} \right).$$

Аналогично предыдущему случаю

$$M_{\text{тр}} = f_2 q^I \iint_{S_1} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} dx_1 dy_1 + f_2 q^{II} \iint_{S_1} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} dx_2 dy_2 + f_1 F_3 r^I,$$

где q^I и q^{II} – давления на пластинах 1 и 2 .

Распределение давления вдоль пластин зависит от смещения e_y точки приложения силы зажима F_3 . Приняв линейный закон распределения, получим эпюру давления в виде трапеции (рис. 3.3, в), что имеет место при $e_y < l/6$, где l – длина пластины. Изменение давления по длине пластины l можно выразить уравнением

$$q^I = q_1^I + k(y + a_1),$$

$$k = \frac{q_2^I - q_1^I}{l},$$

$$q_1^I = \frac{F_3^I}{l} \left(1 - \frac{6e_y}{l} \right); \quad q_2^I = \frac{F_3^I}{l} \left(1 + \frac{6e_y}{l} \right).$$

После преобразований получим для пластин I и II

$$q^I = A^I + B^I y,$$

$$q^{II} = A^{II} + B^{II} y,$$

$$A^I = \frac{F_3^I}{l} \left(1 + \frac{6e_y}{l} + \frac{12e_y a_1}{l^2} \right), \quad B^I = \frac{12F_3^I e_y}{l^2}.$$

В выражениях для A^{II} и B^{II} вместо F_3^I берется F_3^{II} .

Применив по аналогии со случаем $q = \text{const}$ замену

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96y + 0,4x \quad (\text{при } x < y)$$

$$\text{и } \sqrt{x^2 + y^2} = 0,96x + 0,4y \quad (\text{при } x > y),$$

получим более простое приближенное решение.

Зная $M_{\text{тр}}$, решаем приведенное уравнение относительно F_3 .

3.4. Расчет силы зажима и привода на примерах закрепления детали в патроне [1; 3; 6; 11; 13]

Пример 1

При конструировании и эксплуатации силового привода к кулачковым патронам должны быть определены потребные усилия зажима на кулачках патрона и в зависимости от этого рассчитана необходимая тяговая сила привода.

Усилия зажима на кулачках определяются в зависимости от конфигурации обрабатываемой детали и применяемых режимов резания. В условиях работы универсальных патронов, когда обработке подвергаются разные детали, для расчета следует выбрать наиболее тяжелый случай черновой обработки заготовок, обоснованный рациональной технологией.

Установленная в результате расчетов тяговая сила привода позволит далее рассчитать необходимый диаметр пневматического цилиндра для пневмопривода или установить потребное давление воздуха в воздухопроводе имеющегося пневмопривода.

В процессе резания на обрабатываемую деталь, закрепленную консолю в кулачках патрона, действуют вертикальная составляющая усилия резания P_z , стремящаяся повернуть заготовку в кулачках, радиальная составляющая P_y , стремящаяся вывернуть заготовку, и осевая составляющая P_x , сдвигающая заготовку вдоль оси (рис. 3.4).

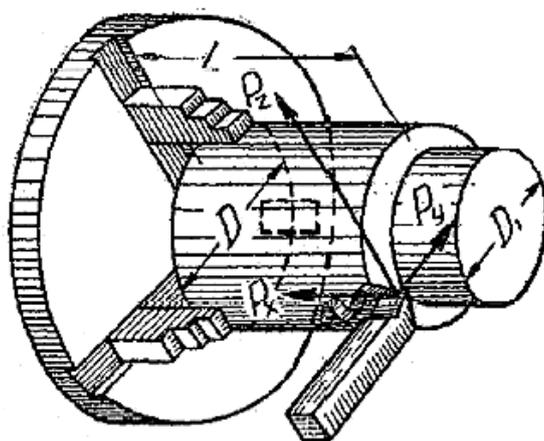


Рис. 3.4. Схема расположения действующих сил при закреплении детали в патроне

Величина потребных зажимных усилий на кулачках, противодействующих возникающим при резании крутящим и опрокидывающим моментам, зависит от:

1) соотношения диаметров заготовки в месте зажима и на поверхности обработки D/D_1 и от отношения длины заготовки к диаметру зажима L/D ;

2) коэффициента μ сцепления контактных поверхностей кулачков с поверхностью детали, величина которого определяется:

- при гладких губках $\mu = 0,25$;
- при губках с уменьшенной за счет кольцевых канавок площадью контакта $\mu = 0,3-0,4$;
- при губках с взаимно перпендикулярными канавками $\mu = 0,4-0,5$, при губках с острым зубом с закаленной зажимной поверхностью $\mu = 0,8-1$.

Момент сил резания M_p от действия суммарной касательной силы на поверхностях зажима от вертикальной составляющей P_z и осевой P_x с учетом

действия радиальной составляющей P_y , отдельным коэффициентом K , должен быть меньше или равным моменту трения $M_{тр}$ от усилий зажима, т. е.

$$M_{тр} \geq M_p.$$

Если D – диаметр зажима и D_1 – диаметр обработки, то

$$W\mu \frac{D}{2} \geq \sqrt{P_z^2 + P_x^2} \frac{D_1}{2} K,$$

где W – сила зажима на всех трех кулачках патрона, кг.

Величина коэффициента запаса K в зависимости от вылета и диаметра зажима при закреплении на малой длине уступами кулачков берется при $L/D = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ соответственно $K = 1; 1,5; 2,5; 4,0$.

Отсюда находим расчетную силу зажима W

$$W \geq \frac{\sqrt{P_z^2 + P_x^2} \frac{D_1}{D} K}{\mu}.$$

Требуемая величина силы зажима W , выраженная в отношении W_0/P_z , может быть определена по графику (рис. 3.5) для трехкулачковых патронов как произведение $W = W_0 n$, где число кулачков патрона $n = 3$.

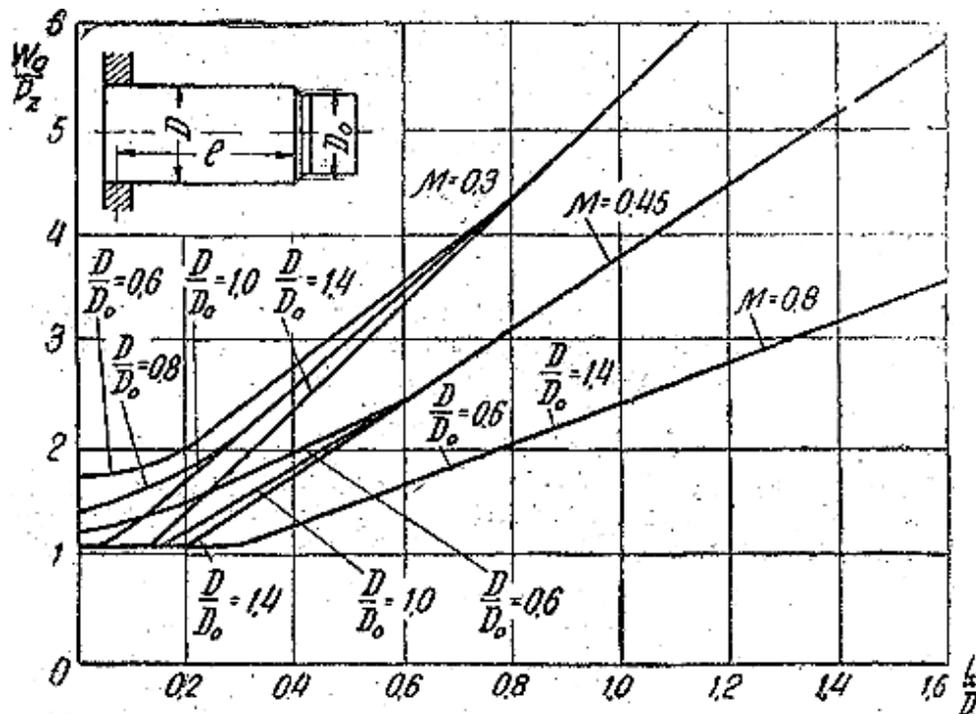


Рис. 3.5. Диаграмма определения потребной силы зажима для трехкулачковых патронов

Для рычажных универсальных патронов тяговая сила определится из выражения

$$Q = W \frac{l}{l_1} \left(1 + \frac{3a\varphi}{h} \right) \left(1 + \frac{3a_1\varphi_1}{2h_1} \right) K,$$

а для универсальных клиновых патронов

$$Q = W \left(1 + \frac{3a\varphi}{h} \right) \left(1 + \frac{3a_1\varphi_1}{2h_1} \right) \operatorname{tg}(\beta + \varphi_2) K,$$

где Q – тяговая сила;

W – зажимное усилие на трех кулачках патрона;

l – малое плечо рычага;

l_1 – большое плечо рычага;

a – расстояние точки приложения силы зажима от оси направляющих кулачка;

h – длина направляющих кулачка;

φ – коэффициент трения на направляющих кулачка;

a – расстояние оси контакта кулачка с винтом от центра давления рычага на кулачок;

a_1 – (для клиновых патронов) расстояние от середины клиновой поверхности кулачка до оси контакта кулачка с винтом;

h_1 – длина направления опоры кулачка;

φ – коэффициент трения опоры кулачка;

β – угол клина механизма;

φ_2 – угол трения в клиновом механизме;

K – коэффициент, учитывающий прочие потери на трение, $K = 1,05$.

В универсальном рычажном патроне твердосплавным резцом обрабатывается заготовка-штамп из стали 40 ($D = 150$ мм, длина $L = 60$ мм, закрепленная в обратных кулачках ступеньками).

Режим резания: глубина резания $t = 5,7$ мм, подача $S = 0,47$ мм, скорость $v = 106$ м/мин.

По справочнику технолога по обработке металла резанием определяем P_z , для данного случая $P_z = 402$ кгс.

По графику для определения силы зажима (рис. 3.5) при работе ступеньками кулачков с кольцевыми канавками $\mu = 0,3$.

Находим по кривой значения

$$L / D = 60 / 150 = 0,4;$$

$$W_0 / P_z = 2,5.$$

Определяем W – усилие зажима на трех кулачках.

$$W = 3W_0 = 3P_z \cdot 2,5 = 3 \cdot 402 \cdot 2,5 = 3015 \text{ кгс.}$$

Тяговая сила для рычажных универсальных патронов определится

$$Q = W \frac{l}{l_1} \left(1 + \frac{3a\varphi}{h} \right) \left(1 + \frac{3a_1\varphi_1}{3h_1} \right) K.$$

Подставляем конкретные значения из размеров патрона:

$$l = 17; l_1 = 42; a = 46; h = 60; a_1 = 17; h_1 = 64; K = 1,5.$$

и определяем по расчету для данного случая нагружения

$$\varphi = \varphi_1 = 0,16.$$

Получим

$$Q = 3015 \frac{17}{42} \left(1 + \frac{3 \cdot 46 \cdot 0,16}{60} \right) \left(1 + \frac{3 \cdot 17 \cdot 0,16}{3 \cdot 64} \right) 1,5 = 1880 \text{ кгс.}$$

Подсчитаем диаметр пневмоцилиндра, обеспечивающего потребную силу тяги Q , кгс.

Усилие тяги для пневмоцилиндра двойного действия, работающего с кулачковым патроном, определится по формуле

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)\eta p}{4},$$

где D – диаметр пневмоцилиндра, см;

d – диаметр штока, см;

η – коэффициент полезного действия пневмоцилиндра, определенный экспериментально для цилиндров размера 250 мм, $\eta = 0,9$;

p – давление сжатого воздуха, подводимого к пневмоцилиндру (для расчета возьмем 4 атм).

Принимая соотношение для средних цилиндров $d / D = 0,15$, получим

$$D = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi P \eta \cdot 0,975}} = 2 \sqrt{\frac{Q}{2,75p}}.$$

Подставляя значения Q и p , имеем

$$D = 2\sqrt{\frac{1880}{2,75 \cdot 4}} = 26,2 \text{ см.}$$

Принимаем ближайший больший нормальный диаметр пневмоцилиндра $D = 300$ мм.

Имея уже установленный пневмоцилиндр $\varnothing 250$ и 300 мм, можно решить обратную задачу: определить потребное давление воздуха в пневмоцилиндре при известной силе тяги. При небольших значениях Q давление воздуха в 4 атм может оказаться большим, и с помощью регулятора давления его можно снизить до требуемой величины осевой тяги.

Пример 2

В машиностроении наибольшее применение имеют трехкулачковые самоцентрирующиеся клиновые и рычажные патроны с винтовым и механизированным приводом для перемещения кулачков.

Патроны с механизированным приводом перемещения кулачков используют в крупносерийном и массовом производствах для закрепления штучных заготовок на различных токарных станках.

Основные размеры клиновых и рычажных патронов выбирают по ГОСТ 24351-80. Определим силу, передаваемую штоком пневмоцилиндра,

$$Q_{\text{п}} = W_{\text{к}} n_{\text{к}} K_{\text{тр}} \left(1 + \frac{3a_{\text{к}}}{h_{\text{к}}} f_{\text{к}} \right) \frac{l_1}{l_{\text{к}}},$$

где $W_{\text{к}}$ – сила зажима на одном кулачке, Н;

$n_{\text{к}}$ – число кулачков;

$K_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне, $K_{\text{тр}} = 1,05$;

$a_{\text{к}}$ – вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы зажима (конструктивно $a_{\text{к}} = 40$ мм);

$h_{\text{к}}$ – длина направляющей части кулачка, мм;

$f_{\text{к}}$ – коэффициент трения в направляющих кулачках, $f_{\text{к}} = 0,1$;

$l_{\text{к}}$ – плечи рычага привода, мм (конструктивно $l_1 = 20$ мм и $l_{\text{к}} = 100$ мм до оси штока).

Сила зажима на каждом кулачке

$$W_{\text{к}} = \frac{P_z \sin \alpha / 2D_{\text{о.п}}}{n_{\text{к}} f_{\text{к}} D_{\text{п.к}}} K_{\text{зап}},$$

где $D_{o.п}$ – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;
 $f_{к.п}$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков;
с гладкой поверхностью $f_{к.п} = 0,25$;
с кольцевыми канавками $f_{к.п} = 0,35$;
с крестообразными канавками $f_{к.п} = 0,45$;
с зубьями параллельно оси патрона $f_{к.п} = 0,8$;
 $D_{п.к}$ – диаметр зажимаемой поверхности детали, мм;
 $K_{зап}$ – коэффициент запаса.
Передаваемая штоком сила в пневмоцилиндрах двустороннего действия

$$Q_{шт} = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} p \eta_{ц},$$

где $D_{ц}$ – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;
 $\eta_{ц}$ – коэффициент полезного действия пневмопривода, $\eta_{ц} = 0,85$.
Диаметр поршня пневмоцилиндра

$$D_{п} = 1,44 \sqrt{Q_{шт} / p}.$$

Установлен ряд стандартизованных диаметров вращающихся пневмоцилиндров двустороннего действия: 150, 200, 300, 400 мм.
Время срабатывания пневмоцилиндра

$$T_c = D_{ц} l_x / (d_B^2 v_B),$$

где l_x – длина хода поршня, мм (устанавливается конструктивно).
Операция – токарная черновая.

Наружный диаметр обрабатываемой поверхности $D_{o.п} = 95$ мм, диаметр заготовки $D_{п.к} = 103$ мм, длина заготовки $L_3 = 110$ мм.

Глубина резания $t = 3$ мм, подача $s_{сг} = 1,04$ мм/об; частота вращения шпинделя станка $n = 315$ об/мин; скорость резания $v = 1,7$ м/с.

Токарно-винторезный станок 16К20; патрон трехкулачковый с рычажным перемещением кулачков, осуществляемый зажим от вращающегося пневматического цилиндра двустороннего действия (рис. 3.6).

Материал заготовки – сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Подобрать пневматический цилиндр для совместной работы с трехкулачковым самоцентрирующим рычажным патроном.

Определим силу резания на данной операции [14]

$$P_z = C_p t^x p_s y_p K_p^{n_p} = 300 \cdot 1,04^{0,75} \cdot 6,06 = 5617,62 \text{ Н},$$

где C_p – коэффициент силы резания; $C_p = 300$;

x_p, y_p, n_p – показатели степени для тангенциальной силы резания P_z .
 $x_p = 1,0; y_p = 0,75; n_p = -0,15$.

Определим поправочный коэффициент K_p

$$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} = 4,85 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 6,06.$$

где K_{M_p} – коэффициент, учитывающий влияние механических свойств конструкционных сталей на силы резания,

$$K_{M_p} = (\sigma_B / 75)^{n_p} = (610 / 75)^{0,75} = 4,85,$$

где σ_B – временное сопротивление разрыву, Н/мм, для стали 45 $\sigma_B = 610$ Н/мм²;

n_p – показатель степени для расчета коэффициента K_{M_p} , $n_p = 0,75$;

$K_{\gamma_p}, K_{\varphi_p}, K_{\lambda_p}, K_{r_p}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали $K_{\varphi_p} = 1,0; K_{\gamma_p} = 1,25; K_{\lambda_p} = 0,1; K_{r_p} = 1,0$.

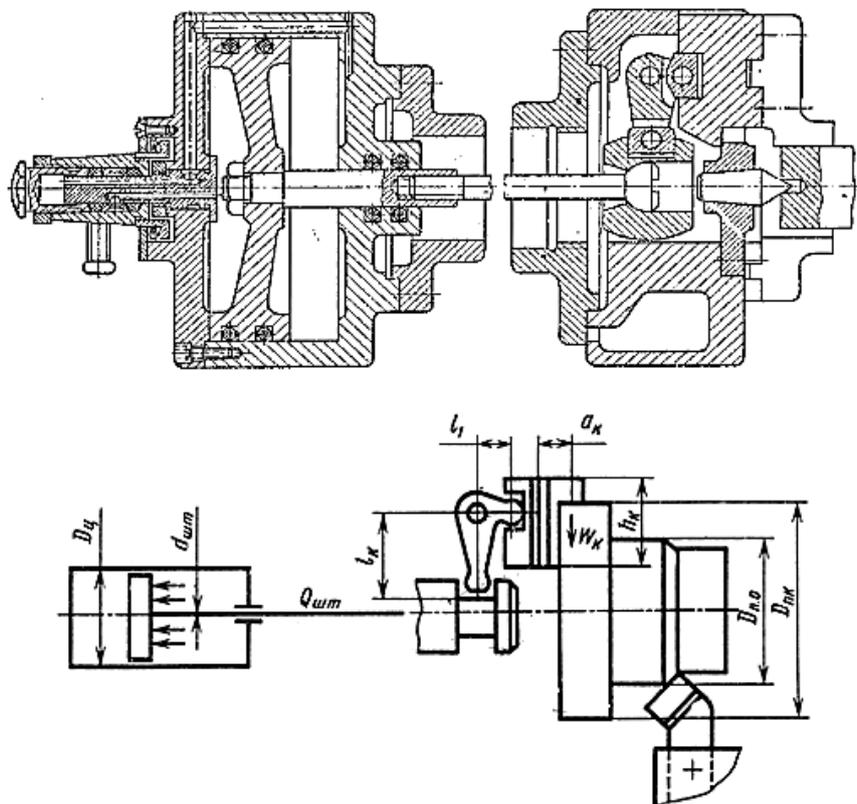


Рис. 3.6. Типовая компоновка и расчетная схема трехкулачкового патрона с пневматическим приводом

Определим коэффициент запаса для самоцентрирующегося трехкулачкового патрона с пневматическим приводом зажима

$$K_{\text{фр}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,7,$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса при всех случаях обработки.
Определяем силу зажима детали одним кулачком патрона

$$W_{\text{к}} = \frac{P_z \sin a / 2D_{\text{о.п}}}{n_{\text{к}} f_{\text{т.п}} D_{\text{п.к}}} K_{\text{зап}} = \frac{5617,62 \cdot 1 \cdot 95}{3 \cdot 0,8 \cdot 103} 27 = 5828,96 \text{ Н},$$

где $D_{\text{о.п}}$ – диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм, $D_{\text{о.п}} = 95$ мм;
 $n_{\text{к}}$ – число кулачков в патроне, $n_{\text{к}} = 3$ шт.;
 $f_{\text{т.п}}$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков, $f_{\text{т.п}} = 0,8$ (с зубьями параллельно оси патрона);

$D_{\text{п.к}}$ – диаметр зажимаемой поверхности, мм, $D_{\text{п.к}} = 103$ мм.

Определим силу $Q_{\text{шт}}$ на штоке механизированного привода трехкулачкового патрона:

$$Q_{\text{шт}} = W_{\text{к}} n_{\text{к}} K_{\text{тр}} \left(1 + \frac{3a_{\text{к}}}{h_{\text{к}}} f_{\text{к}} \right) \frac{l_1}{l_{\text{к}}} = 5828,96 \cdot 3 \cdot 1,05 \left(1 + \frac{3 \cdot 40}{65} \cdot 0,1 \right) \frac{20}{100} = 4351,61 \text{ Н},$$

где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне, $K_{\text{тр}} = 1,05$;

$a_{\text{к}}$ – вылет кулачка от середины его опоры в пазу патрона до центра приложения силы зажима на одном кулачке, $a_{\text{к}} = 40$ мм;

$h_{\text{к}}$ – длина направляющей части кулачка, $h_{\text{к}} = 65$ мм;

$f_{\text{к}}$ – коэффициент трения кулачка, $f_{\text{к}} = 0,1$;

l_1 и $l_{\text{к}}$ – размеры короткого и длинного плеч двухплечевого рычага (конструктивно $l_1 = 20$ мм и $l_{\text{к}} = 100$ мм до оси штока).

Определим диаметр поршня цилиндра и выберем ближайший больший стандартный размер пневматического вращающегося цилиндра по формуле:

$$D_{\text{п}} = 1,44 \sqrt{Q_{\text{шт}} / p} = 1,44 \sqrt{4351,61 / 0,39} = 152,1 \text{ мм},$$

где p – давление сжатого воздуха, МПа; $p = 0,39$ МПа.

Принимаем диаметр пневмоцилиндра $D_{\text{ц}} = 200$ мм.

Определим действительную силу зажима детали по принятому диаметру пневмоцилиндра

$$Q_{\text{шт}} = \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} \cdot 0,39 \cdot 0,85 = 10\,409 \text{ Н},$$

где η – коэффициент полезного действия, $\eta = 0,85$.

Определим время срабатывания пневмоцилиндра

$$T_c = D_{ц} l_x / (d_B^2 v_x) = 20 \cdot 3,5 / (1,0^2 \cdot 2000) = 0,035 \text{ с.}$$

где l_x – длина хода поршня, см (для диаметра $D_{ц} = 200$ мм, $l_x = 35$ мм);
 d_B – диаметр отверстия под штуцер: рекомендуется $d_B = 8–10$ мм, $d_B = 10$ мм;
 v_B – скорость перемещения сжатого воздуха, см/с ($v_B = 1500–2500$ см/с; принимаем $v_B = 2000$ см/с).

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо закрепление заготовки при обработке резанием?
2. Какие технические требования предъявляются к зажимным механизмам?
3. В каком случае нет необходимости в применении зажимных механизмов?
4. Какая задача решается при определении силы зажима?
5. Какие силы учитываются при решении этой задачи?
6. Какими исходными данными следует руководствоваться при проектировании зажимного механизма и выборе направления зажимного усилия?
7. Какими правилами следует руководствоваться при выборе места приложения усилия?
8. Что учитывает коэффициент запаса?
9. Какие возможны случаи расчета сил закрепления при проектировании приспособления?
10. Каковы случаи расчета силы зажима при использовании патронов?

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Зажимные механизмы служат для зажима (закрепления) и разжима (раскрепления) деталей при обработке, сборке или контроле. Зажимные механизмы должны удовлетворять следующим требованиям [1; 6]:

- при зажиме не изменять первоначального заданного положения детали или заготовки;
- развивать силу зажима, достаточную для обеспечения надежного закрепления детали или заготовки и не допускать сдвига, поворота или вибрации детали при обработке;
- в основном работать от механизированных приводов.

Зажимные механизмы делятся на простые (элементарные) и сложные (комбинированные), состоящие из нескольких простых.

Простые зажимные механизмы представляют собой элементарные механизмы (винтовые, клиновые, рычажные, эксцентриковые), сложные состоят из комбинации нескольких простых.

Любой зажимный механизм включает в себя ведущее звено, на которое действует исходная (приводная) сила, и ведомые звенья (зажимные элементы) в виде кулачков, прихватов, непосредственно зажимающих детали. В зависимости от числа ведомых звеньев зажимные механизмы подразделяются на одно- и многозвенные. Многозвенные зажимные механизмы закрепляют одновременно несколько деталей в многоместных приспособлениях или одну заготовку в нескольких местах.

В зависимости от исполнения привода зажимные механизмы подразделяются на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные механизмы приводятся в действие за счет мускульной силы работающего, механизированные – от пневматических, гидравлических и других приводов, но направляются рабочим, автоматизированные зажимные механизмы приводятся в действие и управляются без участия рабочего.

Исходными данными при проектировании зажимных механизмов являются схема зажима и требуемая зажимная сила. В процессе проектирования определяются основные геометрические параметры зажимного механизма и сила (момент) для закрепления заготовки в процессе обработки.

4.1. Рычажные зажимные механизмы

Рычажные зажимные механизмы выполняют в виде рычагов, прихватов и прижимных планок [1; 9].

Для облегчения эксплуатации и установки заготовок и снятия детали рычажные механизмы выполняют поворотными, откидными и передвижными.

По конструкции они могут быть прямолинейными, изогнутыми и др. Их конструкции стандартизированы [9]: ГОСТ 4734-69, ГОСТ 4735-69,

ГОСТ 4736-69, ГОСТ 9057-69, ГОСТ 9058-69, ГОСТ 14732-69, ГОСТ 14733-69, ГОСТ 12471-67, ГОСТ 12472-67, ГОСТ 12474-67, ГОСТ 12475-67.

Рычажные зажимы не обладают свойством самоторможения и как отдельные зажимные механизмы не могут быть использованы. Поэтому их применяют только в сочетании с другими зажимными.

Одно из преимуществ их использования в том, что они позволяют, при относительной простоте, получить выигрыш в силе (или в перемещениях), обеспечить постоянство усилия зажима, осуществлять закрепление в труднодоступных местах.

Расчет рычажных зажимных механизмов осуществляют в следующей последовательности:

1. Выбирают схему рычажного механизма из наиболее распространенных схем (рис. 4.1).

2. Определяют ход нажимного конца рычажного зажимного механизма.

$$S_3 = \delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_3}{J} + \Delta S,$$

где δ – допуск размера заготовки в направлении зажима, мм;

$\Delta_{\text{гар}} = 0,2-0,4$ мм – гарантированный зазор для удобной установки и снятия заготовки;

$J = 15\,000-25\,000$ Н/мм – жесткость рычажного зажимного механизма;

$\Delta S = 0,2-0,4$ мм – запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления рычажного механизма.

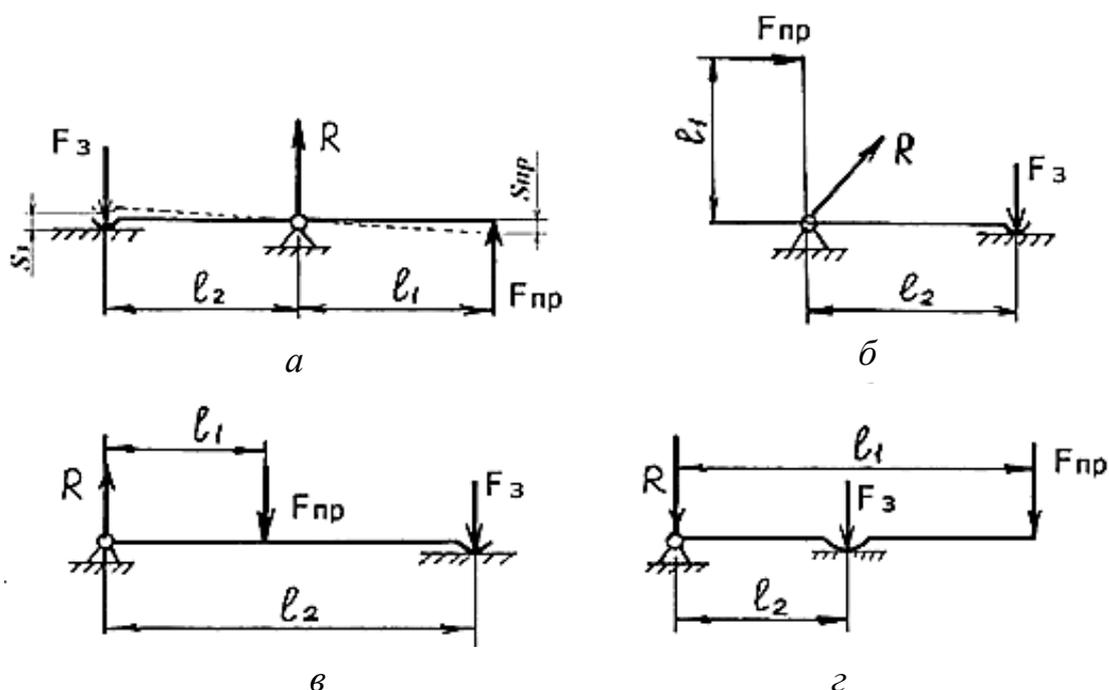


Рис. 4.1. Схемы рычажных механизмов

3. Определяют усилие на приводе механизма

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_3 l_2}{l_1 \eta},$$

где η – КПД рычажного механизма ($\eta = 0,85-0,95$).

4. Определяют ход привода рычажного механизма

$$S_{\text{пр}} = \frac{S_3 l_1}{l_2}.$$

5. Определяют реакцию опор R (Н) (в соответствии с рис. 4.1):
для схемы *a*

$$R = F_{\text{пр}} + F_3,$$

для схемы *б*

$$R = \sqrt{F_{\text{пр}}^2 + F_3^2},$$

для схемы *в*

$$R = F_{\text{пр}} - F_3,$$

для схемы *г*

$$R = F_3 - F_{\text{пр}}.$$

6. Определяют диаметр d (мм) и ширину B (мм) рычага (рис. 4.2).

$$B = d = 0,23\sqrt{R}.$$

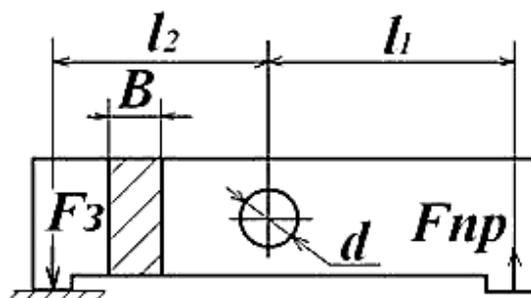


Рис. 4.2. Расчетная схема рычажного зажима

7. Для нестандартных рычагов и планок опасное сечение проверяют на прочность по наибольшему изгибающему моменту

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W} \leq [\sigma],$$

где M_{\max} – наибольший изгибающий момент (планок постоянного сечения) или момент в наиболее опасном сечении, Н·мм;

W – осевой момент сопротивления, мм³;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение материала планки или рычага при изгибе, МПа (для стали 45 $[\sigma] = 125$ МПа, для стали 40Х – $[\sigma] = 150$ МПа).

4.2. Винтовые зажимные механизмы

Винтовые зажимные механизмы применяются в простых зажимных устройствах с ручным закреплением заготовок, в механизированных приспособлениях, на автоматических линиях и в приспособлениях-спутниках.

У данных элементарных зажимов следующие достоинства:

- простота и компактность конструкции;
- широкое использование в конструкции стандартизованных деталей;
- удобство в наладке;
- хорошая ремонтпригодность;
- возможность получать значительную силу закрепления заготовок при сравнительно небольшом моменте на приводе;
- большой ход нажимного винта (гайки), позволяющий надежно закреплять заготовки со значительными отклонениями размеров.

Присутствуют и недостатки:

- сосредоточенный характер сил закрепления, что ограничивает применение винтовых зажимов для установки тонкостенных и термически необработанных заготовок;
- сравнительно большое (0,04–0,07 мин) время срабатывания винтовых зажимов с ручным приводом;
- нестабильность сил закрепления винтовыми зажимами с ручным приводом, что снижает точность обработки;
- возможность смещения детали от силы трения на нажимном конце винта.

Заготовки могут закрепляться как непосредственно винтом (гайкой) (рис. 4.3), так и с помощью промежуточных конструктивных элементов (рис. 4.4).

Применение конструктивных элементов в виде прихватов позволяет закреплять заготовку в необходимом месте, получить выигрыш в силе (или в перемещении). Применение откидных или съемных планок уменьшает вспомогательное время.

Изготавливают нажимные винты и гайки из стали 45 с термообработкой до твердости HRC 30–35.

От вида резьбы и торца нажимного винта (гайки) зависит сила закрепления заготовки.

Предпочтительна метрическая резьба, имеющая наиболее высокий коэффициент трения, и поэтому надежная против самоотвинчивания. Резьбы с крупным шагом позволяют быстрее закрепить заготовку, а с мелким –

более надежны при обработке заготовок с ударами, вибрацией, переменными нагрузками.

Нажимные торцы винта выполняются сферическими, плоскими и с пятой (рис. 4.3, *a*, *b*, *в*).

Механизмы со сферической формой торца винта используют для закрепления деталей по необработанным поверхностям, с плоским торцом – по предварительно обработанным поверхностям и с пятой – для закрепления по поверхностям, исключая вмятины или другие повреждения.

Расчет винтовых зажимных устройств проводится в следующем порядке [1; 2; 3; 11; 13].

Определяется номинальный (наружный) диаметр резьбы винта d (мм) по формуле

$$d = C \sqrt{\frac{F_3}{[\sigma]}}$$

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

F_3 – потребная сила зажима, Н;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение растяжения (сжатия) для материала винта. Для винтов из стали 45 с учетом износа $[\sigma] = 80\text{--}90$ МПа.

Полученное значение d округляется до ближайшего большего стандартного значения, и выбирается стандартный нажимной винт или гайка.

Винты нажимные с метрической резьбой различных конструктивных исполнений выбирают по ГОСТ 13428-68, ГОСТ 13429-68, ГОСТ 13432-68, ГОСТ 13433-68, ГОСТ 13434-68, ГОСТ 13435-68 и др.; гайки различного конструктивного исполнения – по ГОСТ 14727-69, ГОСТ 12460-67, ГОСТ 4088-69, ГОСТ 3385-69, ГОСТ 14726-69, ГОСТ 13427-68 и др.

Условные обозначения: F_3 – сила зажима; l_1 и l_2 – плечи прижимной планки.

Момент M (Н·мм), развиваемый на рукоятке или маховичке, для получения заданной силы закрепления F_3

$$M = 0,5d_2F_3 \operatorname{tg}(\varphi + \gamma) + M_{\text{тр}},$$

где d_2 – средний диаметр резьбы;

γ – угол подъема резьбы;

φ – угол трения в резьбе;

$M_{\text{тр}}$ – момент трения в месте контакта нажимного торца винта или на опорном торце гайки.

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{np}{\pi d_2},$$

где n – число заходов резьбы;
 p – шаг резьбы, мм.

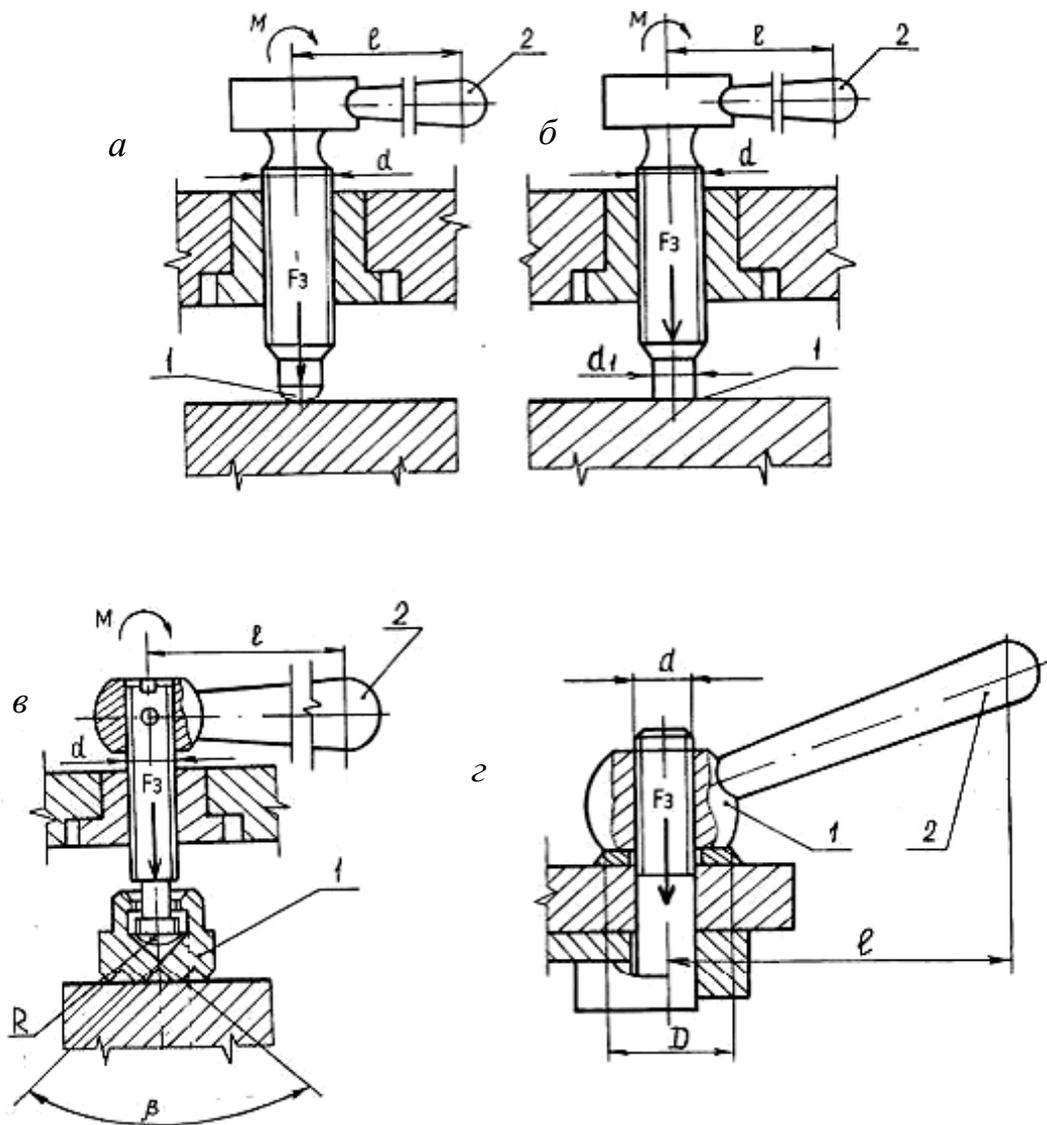


Рис. 4.3. Винтовые зажимные механизмы:

- a* – нажимной винт со сферическим нажимным торцом *1* и рукояткой *2*;
- б* – нажимной винт с плоским нажимным торцом и рукояткой *2*;
- в* – нажимной винт с пятой *1* и рукояткой *2*;
- г* – нажимная гайка *1* круглой формы с рукояткой *2*

Условные обозначения: F_3 – сила зажима; l_1 и l_2 – плечи прижимной планки.

Момент M (Н·мм), развиваемый на рукоятке или маховичке, для получения заданной силы закрепления F_3

$$M = 0,5d_2F_3 \operatorname{tg}(\varphi + \gamma) + M_{\text{тр}},$$

где d_2 – средний диаметр резьбы;
 γ – угол подъема резьбы;

φ – угол трения в резьбе;

$M_{тр}$ – момент трения в месте контакта нажимного торца винта или на опорном торце гайки.

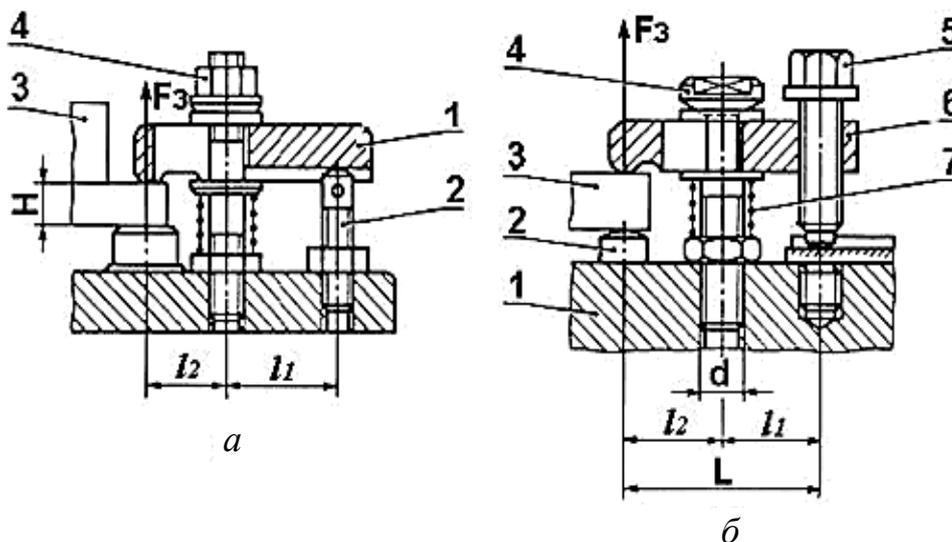


Рис. 4.4. Комбинированные винтовые зажимы:

a – нормализованный винтовой прихват с передвижной прижимной планкой (*1* – прижимная планка; *2* – регулируемая опора; *3* – обрабатываемая деталь; *4* – нажимная гайка); *б* – нормализованный винтовой прихват (*1* – корпус приспособления; *2* – опора; *3* – обрабатываемая деталь; *4* – головка винтовой опоры; *5* – нажимной винт; *6* – прижимная планка; *7* – пружина)

Угол трения в резьбе определяют по формуле

$$\varphi = \arctg f_{пр},$$

где $f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения в резьбе: для метрической резьбы $f_{пр} = 1,15f$; для ходовой трапецеидальной симметричной резьбы $f_{пр} = 1,03f$; для ходовой упорной резьбы $f_{пр} = f$; f – действительный коэффициент трения в резьбе (в среднем можно принимать $f = 0,15$).

Момент трения на опорном торце гайки

$$M_{тр} = \frac{F_3 f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{3},$$

где D – наружный диаметр кольцевого торца гайки.

Моменты трения в месте контакта заготовки и винта:

– с плоским нажимным торцом (рис. 4.3, б)

$$M_{тр} = \frac{f F_3 d_1}{3};$$

– с пятой (рис. 4.3, в)

$$M_{\text{тр}} = RfF_3 \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} \right).$$

Значение β для стандартных пят выбирается по ГОСТ 13436-68 и ГОСТ 13437-68. Учитывая, что при откреплении винтового зажимного устройства преодолевается трение покоя, то для определения момента открепления M' необходимо M увеличить в 1,2 раза.

Длина рукоятки (ключа) l по заданной силе воздействия $F_{\text{пр}}$ (при ручном зажиме $F_{\text{пр}}$ не более 150 Н) из условия равновесия винта (гайки)

$$F_{\text{пр}}l = M'.$$

По моменту M' проверяют головку стандартного нажимного винта (гайку) на соответствие требованиям охраны труда и техники безопасности. Должно соблюдаться условие $M' \leq M_{\text{эрг}}$.

Если условие не выполняется, то следует использовать нажимные винты с шестигранной головкой (ГОСТ 13434-68, ГОСТ 13435-68), с шестигранным углублением «под ключ» (ГОСТ 9051-68) или стандартные шестигранные гайки (ГОСТ 5915-70, ГОСТ 15521-70, ГОСТ 5916-70, ГОСТ 15522-70, ГОСТ 15523-70).

4.3. Эксцентрикковые зажимные механизмы

Эксцентрикковые зажимные механизмы используются для непосредственного зажима заготовок и в сложных зажимных системах.

У данных элементарных зажимов следующие достоинства [1]:

- простота и компактность конструкции;
- широкое использование в конструкции стандартизованных деталей;
- удобство в наладке;
- способность к самоторможению;
- быстрое действие (время срабатывания привода около 0,04 мин).

Присутствуют и недостатки:

- сосредоточенный характер сил, что не позволяет применять эксцентрикковые механизмы для закрепления нежестких заготовок;
- силы закрепления круглыми эксцентрикковыми кулачками нестабильны и существенно зависят от размеров заготовок;
- пониженная надежность в связи с интенсивным изнашиванием эксцентрикковых кулачков.

В состав эксцентрикковых зажимных механизмов входят эксцентрикковые кулачки, опоры под них, цапфы, рукоятки и другие элементы.

Различают три типа эксцентрикковых кулачков: круглые с цилиндрической рабочей поверхностью; криволинейные, рабочие поверхности которых очерчены по спирали Архимеда, и торцевые.

Наибольшее распространение из-за простоты изготовления получили круглые эксцентрики. Круглый эксцентрик (рис. 4.5, *a*) представляет собой диск или валик, поворачиваемый вокруг оси, смещенной относительно геометрической оси эксцентрика на величину A , называемую эксцентриситетом [2; 3; 11; 13].

Криволинейные эксцентрикые кулачки (рис. 4.5, *б*) по сравнению с круглыми обеспечивают стабильную силу закрепления и больший (до 150°C) угол поворота.

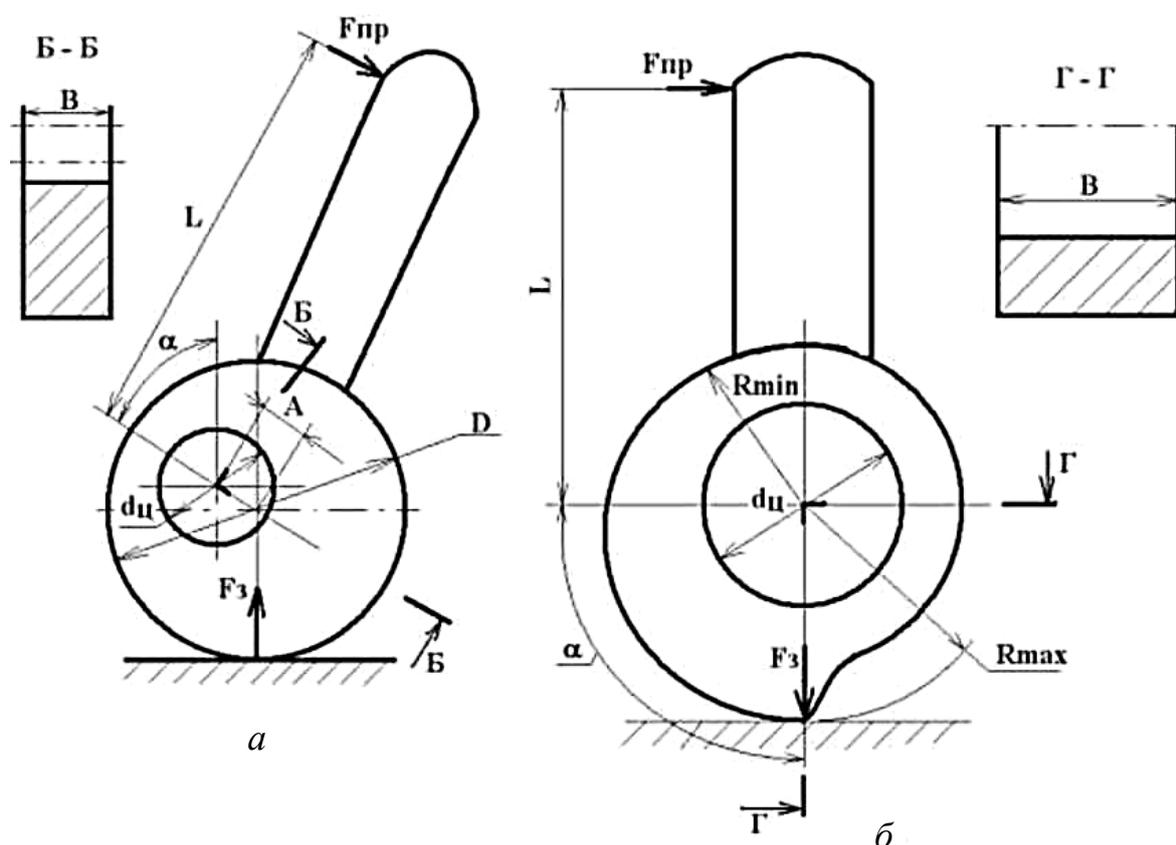


Рис. 4.5. Схемы для расчета эксцентрикых кулачков:
a – круглых, нестандартных; *б* – выполненных по спирали Архимеда

На рис. 4.6 показан пример конструктивного исполнения приспособления с эксцентрикым прихватом для зажима деталей.

Эксцентрикые кулачки изготавливают из стали 20Х с цементацией на глубину не менее 0,8–1,2 мм и последующей закалкой до твердости RC55–61.

Эксцентрикые кулачки различают следующих конструктивных исполнений:

- круглые эксцентрикые (ГОСТ 9061-68);
- эксцентрикые (ГОСТ 12189-66);
- эксцентрикые сдвоенные (ГОСТ 1 2190-66);
- эксцентрикые вильчатые (ГОСТ 12191-66);
- эксцентрикые двухопорные (ГОСТ 12468-67).

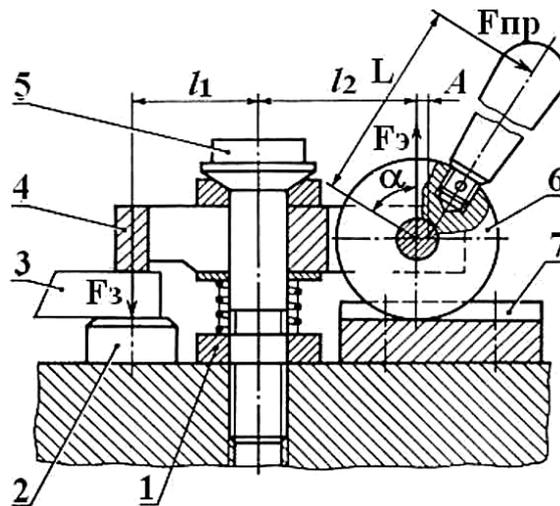


Рис. 4.6. Нормализованный эксцентриковый зажим:
 A – величина эксцентриситета; l_1 , l_2 – плечи рычага (планки); 1 – гайка; 2, 7 – опоры;
 3 – обрабатываемая деталь; 4 – планка; 5 – винт; 6 – эксцентрик

Практическое использование эксцентриковых механизмов в различных зажимных устройствах показано на рис. 4.7 [7].

Условные обозначения: F_3 – усилие зажима; $F_{пр}$ – сила на рукоятке эксцентрика; L – длина рукоятки; α – угол поворота рукоятки эксцентрика.

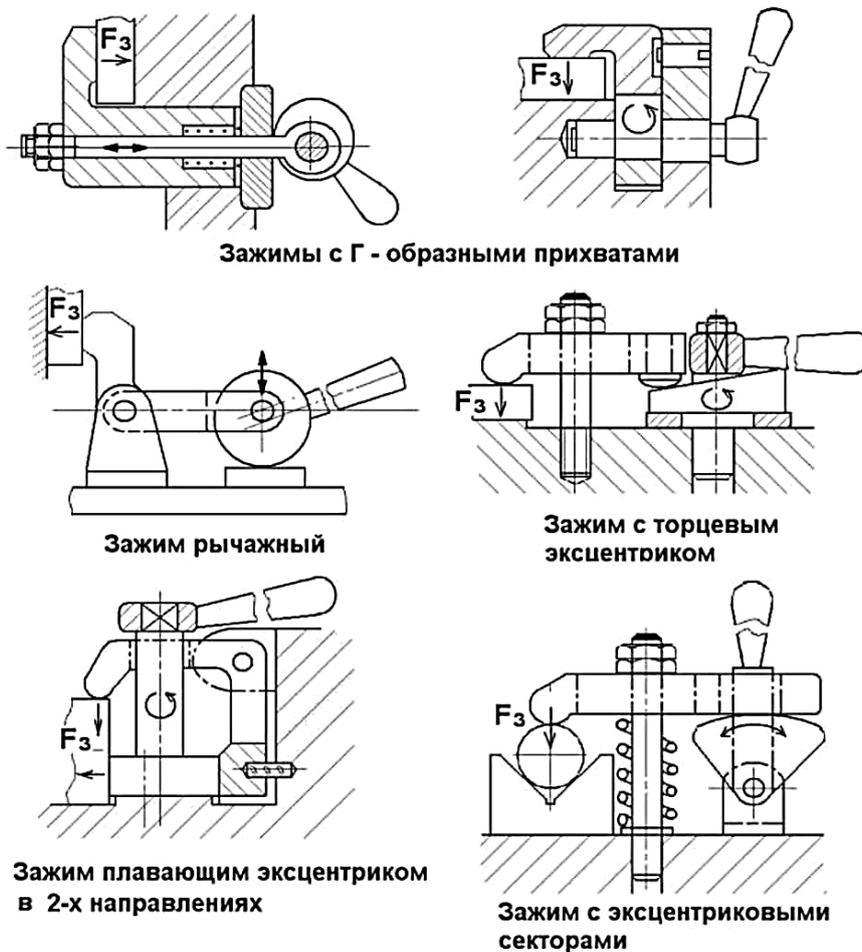


Рис. 4.7. Виды эксцентриковых зажимных механизмов

Исходными данными для определения геометрических параметров эксцентриков являются [13]:

– допуск 5 размера заготовки от ее установочной базы до места приложения зажимной силы;

– угол α поворота эксцентрика от нулевого (начального) положения;

– потребная сила F_3 зажима детали.

Основными конструктивными параметрами эксцентриков являются: эксцентриситет A ; диаметр d_v и ширина b цапфы (оси) эксцентрика; наружный диаметр эксцентрика D ; ширина рабочей части эксцентрика B .

Расчеты эксцентриковых зажимных механизмов выполняют в следующей последовательности [2; 3; 11; 13]:

1. Определяют ход h_k эксцентрикового кулачка, мм:

Если угол поворота эксцентрикового кулачка не имеет ограничений ($\alpha < 130^\circ$), то

$$h_k = \delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_k}{J} + \Delta h_k,$$

где δ – допуск размера заготовки в направлении зажима, мм;

$\Delta_{\text{гар}} = 0,2\text{--}0,4$ мм – гарантированный зазор для удобной установки и снятия заготовки;

$J = 9800\text{--}19\,600$ кН/м – жесткость эксцентрикового зажима;

Δh_k – запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления эксцентрикового кулачка.

Если угол поворота эксцентрикового кулачка ограничен ($\alpha \leq 60^\circ$), то

$$h_k = \delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_k}{J}.$$

2. Пользуясь таблицами из [1; 2; 3; 11; 13], подбирают стандартный эксцентриковый кулачок. При этом должны соблюдаться условия: $F_3 < F_{3\text{max}}$ и $h_k < h$ (проверяя соответствие размеров, материала, термической обработки и другие технические условия по ГОСТ 9061-68).

Проверить стандартный эксцентриковый кулачок на прочность нет необходимости.

3. Определяют длину рукоятки эксцентрикового механизма, мм

$$L \geq \frac{M_{\text{max}} F_3}{F_{\text{пр}} F_{3\text{max}}}.$$

Значения M_{max} и $F_{3\text{max}}$ выбираются по таблице из [13].

Расчет ЭЗМ с нестандартным круглым эксцентриковым кулачком приведен в [9].

1. Исходные данные используются, как и в предыдущем расчете, для возможности последующего сравнения. Кроме того, задан угол α поворота эксцентрикового кулачка от начального положения.

2. Определяют эксцентриситет A , мм.

Если угол поворота не имеет ограничений ($\alpha < 130^\circ$), то

$$A = 0,5 \left(\delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_k}{J} + \Delta h_k \right).$$

Если угол поворота ограничен ($\alpha < 60^\circ$), то

$$A = \left(\delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_k}{J} \right) / (1 - \cos \alpha).$$

$\Delta_{\text{гар}}$, J , Δh_k имеют те же значения, что и в предыдущем примере.

3. Вычисляют диаметр цапфы из условия прочности на смятие, мм

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{F_3}{[\sigma_{\text{см}}]}}$$

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

Принимаем $[\sigma_{\text{см}}] = 14,7 - 19,6$ МПа.

4. Определяют наружный диаметр эксцентрикового кулачка

$$D \geq 2(A + 1,2d_0).$$

5. Проверяют эксцентриковый кулачок на самоторможение. Должно соблюдаться условие $D > 16A$. Отношение D к A еще называют характеристикой кулачка.

6. Вычисляют ширину B эксцентрикового кулачка, мм

$$B = \frac{0,035EA}{D[\sigma_{\text{см}}]^2},$$

где E – модуль упругости материала эксцентрика ($E = 2 \cdot 10^5 - 2,2 \cdot 10^5$ МПа);

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допускаемое напряжение на смятие материала эксцентрикового кулачка ($\sigma_{\text{см}} = 588$ МПа).

Если расчетное значение $B < d_{\text{ц}}$ то принимают $B = d_{\text{ц}}$.

7. Момент на рукоятке эксцентрикового кулачка, Н·мм

$$M = F_3 L = F_3 A [1 + \sin(\alpha + \varphi)],$$

где L – расстояние от точки приложения силы на рукоятке эксцентрикового кулачка до оси цапфы;

$\varphi = 6^\circ$ – угол трения.

8. Длину рукоятки L определяют по формулам для стандартного кулачка, принимая $F_{\text{тр}} \geq 150$ Н.

Расчет ЭЗМ с эксцентриковым кулачком, выполненным по спирали Архимеда [9].

1. Исходные данные используются, как и в предыдущих расчетах.

2. Определяют ход эксцентрикового кулачка, мм

$$h_k = \delta + \Delta_{\text{гар}} + \frac{F_k}{J} + \Delta h_k,$$

Значения δ , $\Delta_{\text{гар}}$, J , h_k – приведены в предыдущем расчете.

3. Вычисляют диаметр цапфы из условия прочности на смятие, мм

$$R_{\text{min}} = \frac{h_k \cdot 180^\circ}{\pi A \text{tg}(\gamma)},$$

где γ – угол подъема спирали Архимеда; обычно $\gamma = 8^\circ 30'$.

4. Наибольший радиус рабочего участка кулачка

$$R_{\text{max}} = h_k + R_{\text{min}}.$$

5. Вычисляют диаметр $d_{\text{ц}}$ цапфы (см. предыдущий расчет, пункт 3).

6. Ширину эксцентрикового кулачка принимают равной диаметру цапфы: $B = d_{\text{ц}}$.

7. Момент на рукоятке эксцентрикового кулачка

$$M = F_3 (R_{\text{min}} + h_k / 2) \times [\text{tg}(\gamma + \varphi) + \text{tg}\varphi_1],$$

где φ и φ_1 – соответственно углы трения между эксцентриковым кулачком и заготовкой и в цапфе; обычно $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 30'$.

8. Определяют длину рукоятки эксцентрикового кулачка (см. предыдущий расчет, пункт 8).

Рабочий участок эксцентрикового кулачка, вычерченного по спирали Архимеда, приведен на рис. 4.8.

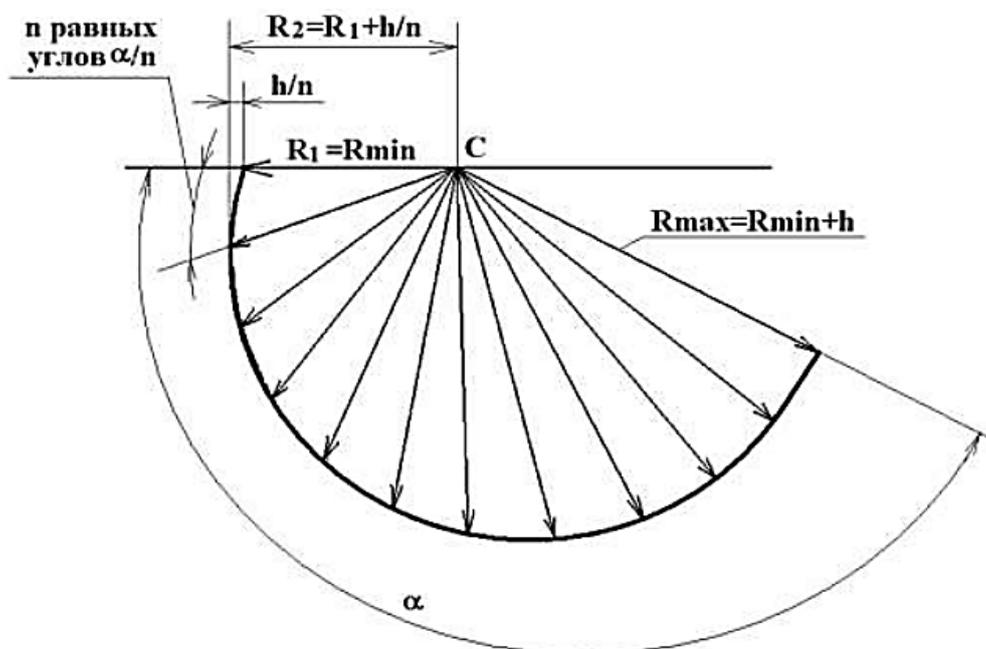


Рис. 4.8. Рабочий участок эксцентрикового кулачка, выполненного по спирали Архимеда

4.4. Клиновые и клиноплунжерные зажимные механизмы

Клиновые зажимные устройства используются для непосредственного зажима заготовки (рис. 4.9) и в сложных зажимных системах в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов (рис. 4.10).

Клиновые и клиноплунжерные самоцентрирующие механизмы применяются в конструкциях оправок [1; 2; 3; 9; 11; 13].

У данных элементарных зажимов следующие достоинства:

- простота и компактность конструкции;
- удобство в наладке и эксплуатации;
- способность к самоторможению (кроме механизмов с роликами);
- постоянство сил закрепления, которые не зависят от допуска на размер заготовки.

Присутствуют и недостатки:

- сосредоточенный характер сил закрепления, что затрудняет использование этих механизмов при обработке нежестких заготовок;
- низкая надежность, которая зависит от характера клинового сопряжения, формы поперечного сечения плунжеров и пазов под плунжеры, зазоров между плунжерами и пазами, защищенности механизма от стружки.

Основными деталями клиновых и клиноплунжерных механизмов являются:

- клин, к которому приложена сила $F_{пр}$ от привода;
- плунжеры (кулачки), развивающие силу закрепления $F_з$;
- корпус с пазами, в которых перемещаются клин и плунжеры (кулачки);

– опорные ролики (если в механизме предусмотрено их использование).

Важнейшим конструктивным элементом механизмов является угол скоса клина α .

С уменьшением угла α увеличивается выигрыш в силе, но одновременно увеличивается проигрыш в перемещениях и наоборот. Для обеспечения надежного самоторможения в механизмах без роликов рекомендуется угол α в пределах $5\text{--}12^\circ$, а в несамотормозящих механизмах с роликами рекомендуется принимать угол 45° .

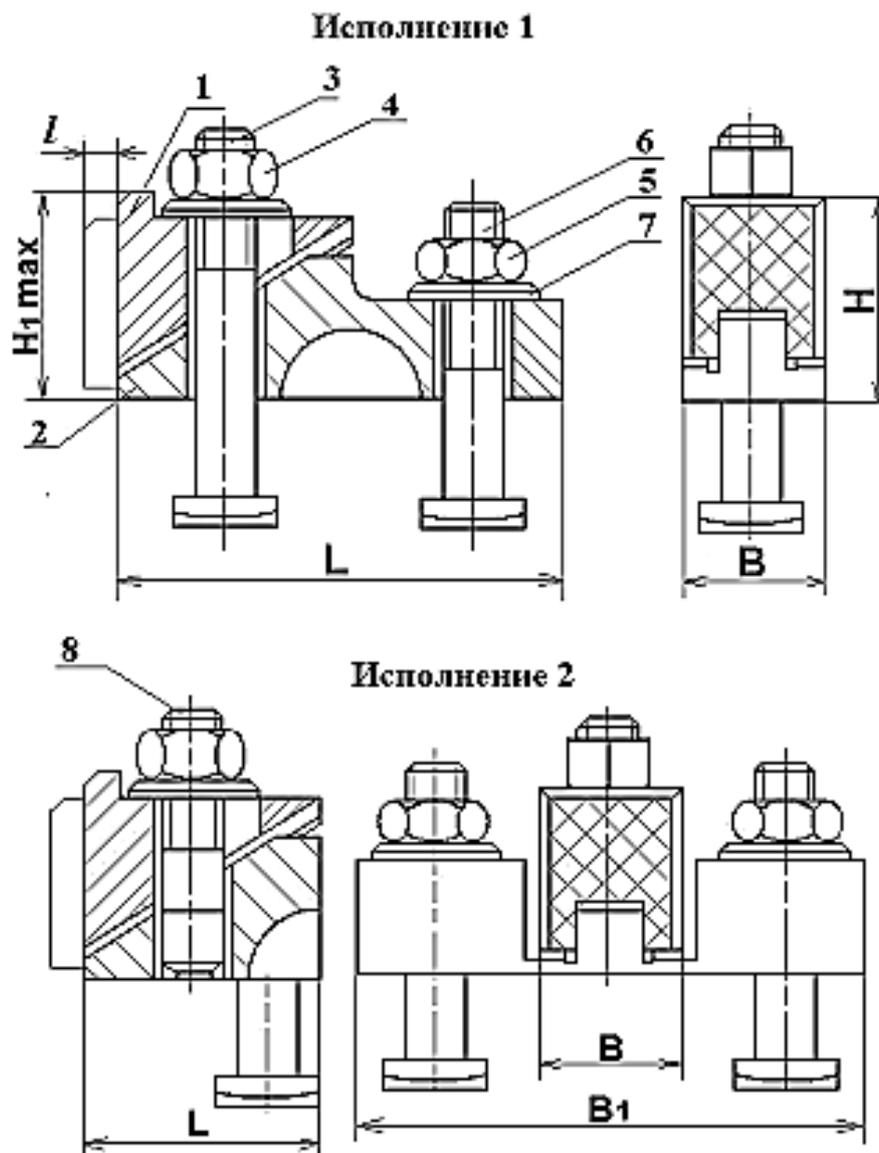


Рис. 4.9. Клиновые зажимы по ГОСТ 13153-67:

l – клин; 2 – корпус; 3 и 6 – болт (ГОСТ 13152-67); 4 и 5 – гайка (ГОСТ 5931-70 и ГОСТ 5927-70 соответственно); 7 – шайба (ГОСТ 11371-78); 8 – шпилька (ГОСТ 22034-76). Ход клина $l = 6\text{--}14$ мм; $L = 50\text{--}150$ мм; $B = 32\text{--}65$ мм; $H_1 = 36\text{--}90$ мм

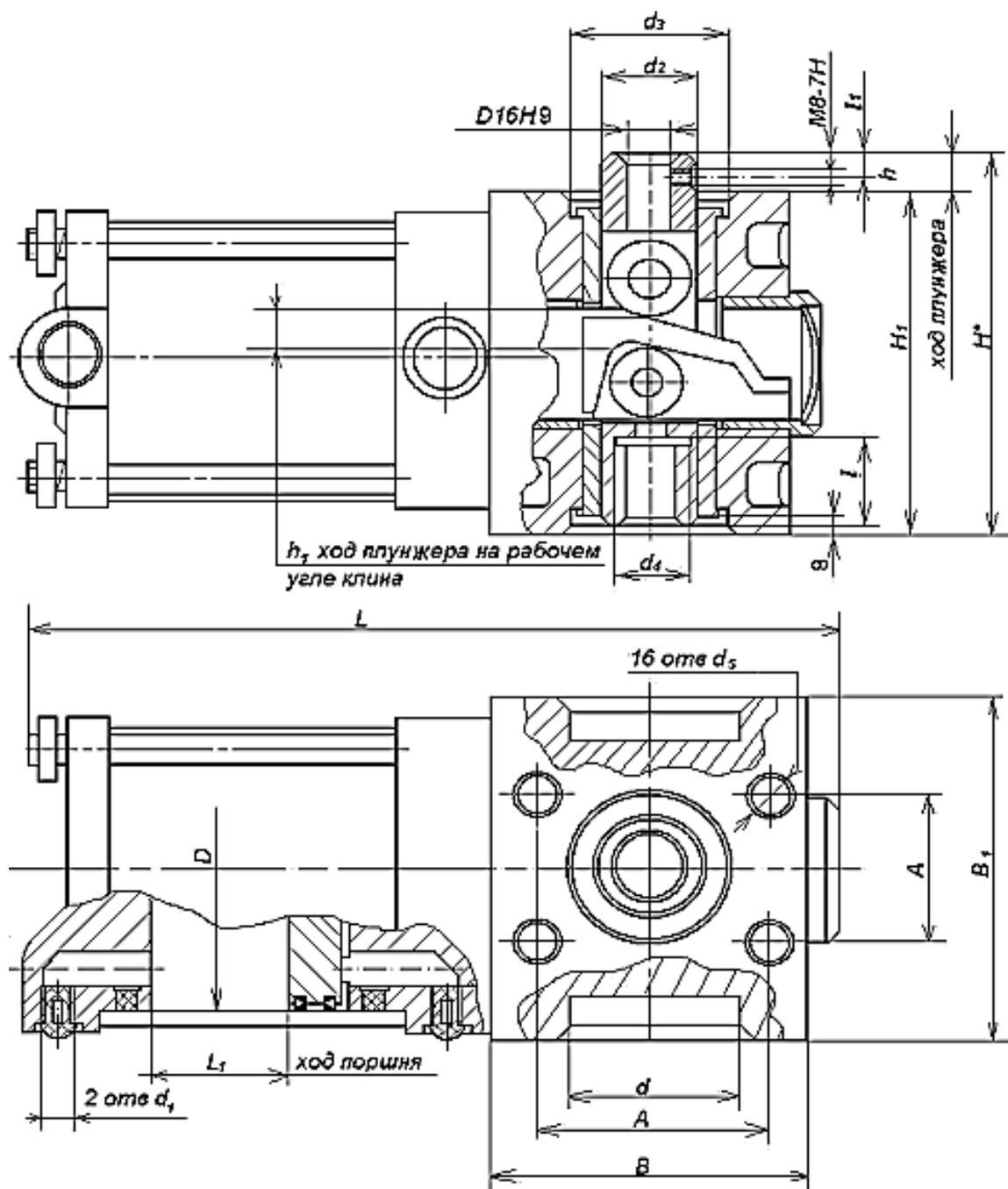


Рис. 4.10. Клиновой однопоршневой прижим:
 $D = 80, 100, 125, 160$ мм; $d = 25, 32, 40$ мм; $d_2 = 36, 40$ мм; $h = 12, 20, 25$ мм;
 $L = 273\text{--}392$ мм; $H_1 = 105\text{--}185$ мм; $B_1 = 105\text{--}185$ мм

Расчет клиновых механизмов осуществляется в следующем порядке:
 1. Определяют ход плунжера, необходимый для закрепления детали

$$S_F = \Delta_{\text{гар}} + \delta + \frac{F_3}{J} + \Delta_S,$$

где $\Delta_{\text{гар}} = 0,20,4$ мм – гарантированный зазор для свободной установки и снятия детали;

δ – отклонение размера детали в направлении зажима, мм;
 F_3 – известная сила закрепления детали, Н;
 $J = 1000\text{--}3500$ Н/мм – жесткость клиноплунжерного механизма;
 $\Delta_s = 0,2\text{--}0,4$ мм – запас хода плунжера, учитывающий износ и погрешности изготовления механизма.

2. Определяют силу на приводе клинового зажима, Н

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_3}{i_c},$$

где i_c – передаточное отношение силы клинового механизма.

Передаточное отношение силы i_c клинового механизма зависит от угла скоса α клина и схемы механизма, и определяют ее согласно зависимостям, приведенным в справочной литературе или в [2; 3; 9; 11; 13].

3. Определяют ход привода клинового механизма

$$S_{\text{пр}} = \frac{S_F}{i_{\text{п}}},$$

где $i_{\text{п}}$ – передаточное отношение перемещений ($i_{\text{п}} = \text{tg}\alpha$).

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. Какие факторы в станочных приспособлениях влияют на коэффициент запаса?
7. В чем отличие простых (элементарных) зажимных устройств от комбинированных?
8. Назовите виды простых (элементарных) зажимных устройств.
9. Назовите виды комбинированных устройств.
10. Назовите достоинства и недостатки винтовых зажимов.
11. Назовите виды эксцентриковых зажимов.
12. Из каких материалов изготавливаются эксцентрики?
13. Какие требования предъявляются к поверхности эксцентриков?

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Основным назначением силового привода является создание на приводе зажимного механизма усилия, необходимого для зажима заготовки.

Силовые приводы в приспособлениях используют как для механизации и автоматизации самих приспособлений, так и для приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота приспособления, включения и выключения станка, удаления стружки, транспортирования деталей и др.

Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь одного из вида энергии в механическую, необходимую для работы зажимных механизмов.

Различают следующие приводы: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, вакуумные, электрические, электромагнитные, магнитные, от движущихся элементов станков.

5.1. Пневматический привод

Исходной энергией в пневматических приводах является энергия сжатого воздуха.

Широкому применению пневматических устройств способствуют следующие достоинства:

- простота конструкции и легкость эксплуатации;
- низкая первоначальная стоимость и быстрая окупаемость затрат;
- надежность и безопасность работы;
- продолжительный срок службы;
- высокая скорость перемещения (линейного до 15 м/с, вращательного до 100 000 об/мин);
- легкость получения сжатого воздуха, относительная простота передачи на расстояние и возможность снабжения им большого количества потребителей от одного источника;
- отсутствие необходимости в защитных устройствах при перегрузке.

Однако у пневматических устройств есть недостатки:

- недостаточная плавность перемещения рабочих элементов;
- сложность позиционирования исполнительных органов пневмодвигателей;
- небольшое давление сжатого воздуха в рабочих полостях (0,4–0,6 МПа) и поэтому относительно большие размеры пневмодвигателей для получения значительных сил.

Основные элементы, входящие в состав пневмопривода, приведены на рис. 5.1. В зависимости от выполняемых задач они могут иметь различное конструктивное исполнение [2; 3; 11; 13].

Преобразование потенциальной энергии сжатого воздуха в механическую энергию осуществляется в пневмодвигателях. Наибольшее распрост-

ранение в приспособлениях получили поршневые пневмодвигатели, которые называют также пневмоцилиндрами. При этом подключение пневмоцилиндра к пневмосети может быть реализовано в соответствии с рис. 5.1.

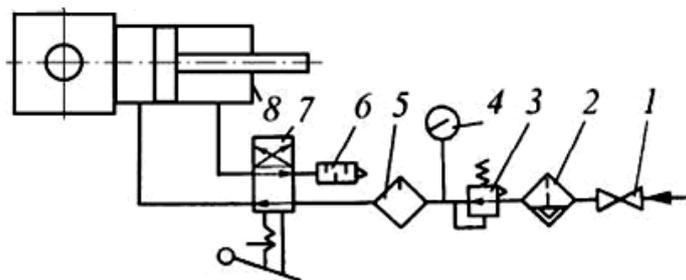


Рис. 5.1. Схема подключения пневмоцилиндра к пневмосети:
 1 – вентиль; 2 – фильтр-влагоотделитель; 3 – редуцирующий пневмоклапан;
 4 – манометр; 5 – маслораспылитель; 6 – пневмоглушитель;
 7 – пневмораспределитель; 8 – пневмоцилиндр

По схеме действия пневмоцилиндры подразделяются на одностороннего и двустороннего действия (рис. 5.2).

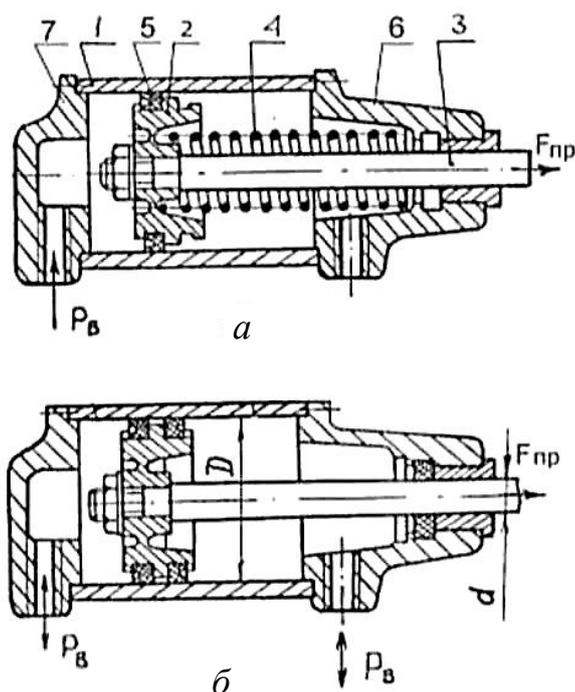


Рис. 5.2. Схемы пневмоцилиндров одностороннего (а) и двустороннего (б) действия:
 1 – корпус (гильза); 2 – поршень; 3 – шток; 4 – возвратная пружина; 5 – уплотнение;
 6 – передняя крышка; 7 – задняя крышка

По методу компоновки с оборудованием различают пневмоцилиндры прикрепляемые, встраиваемые и агрегируемые. По виду установки различают стационарные пневмоцилиндры и вращающиеся [3; 13].

Вращающиеся пневмоцилиндры используют для перемещения зажимных устройств вращающихся приспособлений (патроны токарных станков).

В пневмоцилиндрах одностороннего действия давление сжатого воздуха действует на поршень только в одном направлении, в другую сторону поршень со штоком перемещается под действием других сил, и поэтому их используют в случаях, когда при зажиме детали требуется сила большая, чем при разжиме.

Пневмоцилиндры с пружинным возвратом обычно используют для выполнения небольших перемещений (0,5–1,5D), т. к. встроенная пружина, сжимаясь, значительно снижает усилие, развиваемое поршнем [1].

В пневмоцилиндрах двустороннего действия перемещение поршня со штоком под действием сжатого воздуха происходит в двух противоположных направлениях, и поэтому их используют в случаях, когда и при зажиме и при разжиме детали требуется одинаково большая сила

На пневмоцилиндры различного действия без торможения и с торможением разработаны и утверждены стандарты.

Расчет пневмоцилиндров, при их заданных размерах, сводится к определению развиваемой силы на штоке $P_{пр}$ (Н).

Часто решается обратная задача, когда при заданной силе $P_{пр}$ и известном давлении p_v в пневмомагистрали выявляются размеры пневмоцилиндра, осуществляется его выбор или конструирование. Силы на штоке пневмоцилиндров определяются по формулам [1; 2; 3; 11; 13]. Например, для привода одностороннего действия (рис. 5.2, а):

$$F_{пр} = \frac{\pi D^2}{4} p_v \eta - F_{п};$$

для привода двустороннего действия (рис. 5.2, б) толкающая сила и тянущая сила соответственно равны:

$$F_{пр} = \frac{\pi D^2}{4} p_v \eta_{п}, \quad F_{пр} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p_v \eta_{п},$$

где D – диаметр пневмоцилиндра, мм;

P_v – давление сжатого воздуха, МПа;

$F_{п}$ – сила сопротивления возвратной пружины при крайнем рабочем положении поршня, Н;

d – диаметр штока пневмоцилиндра, мм;

η – КПД (обычно $\eta = 0,85-0,9$).

Возвратная пружина в конце рабочего хода поршня должна оказывать сопротивление от 5 % при больших и до 20 % при малых диаметрах пневмоцилиндра от силы $F_{пр}$ на штоке пневмоцилиндра в момент зажима детали в приспособлении.

Для обратной задачи приведенные зависимости решаются относительно диаметра цилиндра D .

При расчете D по тянущему усилию диаметр штока d выражается через D . Полученный расчетный диаметр пневмоцилиндра округляется до ближайшего большего значения по стандартному ряду.

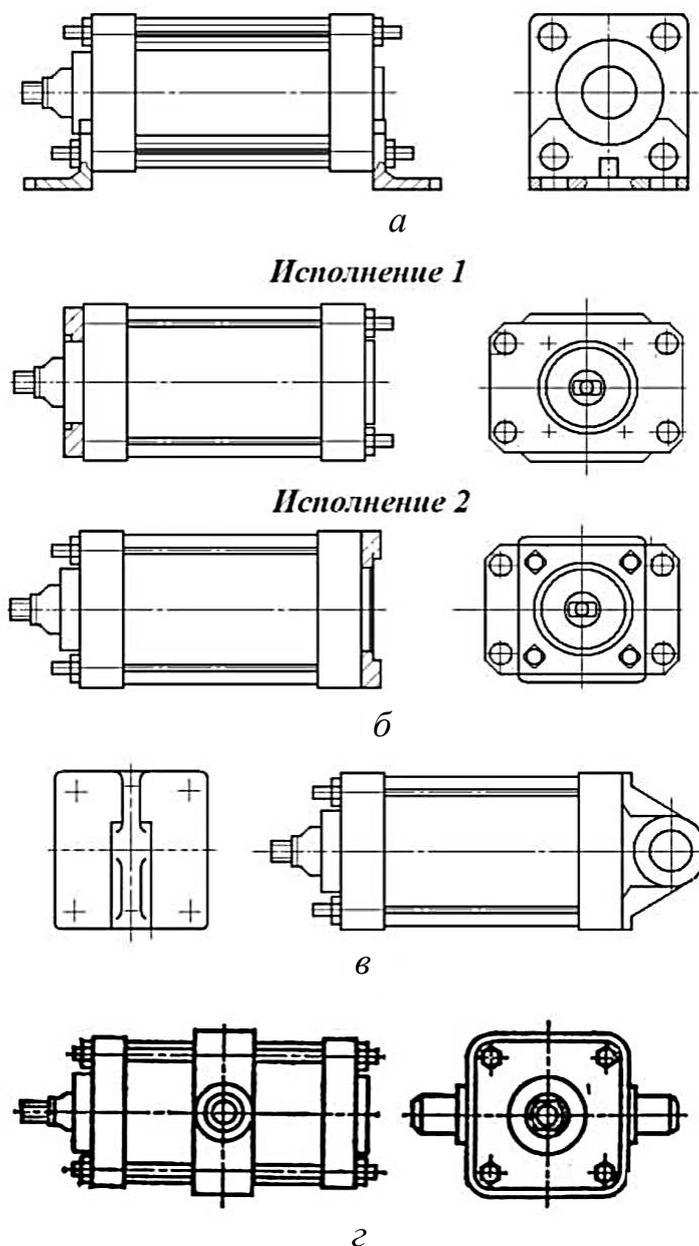


Рис. 5.3. Исполнения пневмоцилиндров по способу крепления:
a – на лапах; *б* – на переднем и заднем фланцах; *в* – на проушине; *г* – на цапфах

При расчете специальных пневмоцилиндров основные конструктивные параметры определяют следующим образом [8]:

- ход поршня определяется в основном требуемым значением перемещения рабочего органа, детали и т. п.;
- при выборе максимального хода следует учитывать технологичность изготовления гильзы и штока;
- устойчивость штока в максимально выдвинутом положении и др.

Максимальное значение хода пневмоцилиндров двустороннего действия рекомендуется ограничивать 8–10 диаметрами поршня.

$$F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EI_{\text{min}}}{(\mu l)^2},$$

где E – модуль упругости материала штока;

I_{min} – минимальный момент инерции сечения штока;

l – максимальная длина выдвинутой части штока;

μ – коэффициент приведенной длины, зависящий от способа закрепления стержня и места приложения сжимающей нагрузки.

Если шток без нагрузки, то $\mu = 2$. При соединении штока с нагрузкой μ лежит в пределах 0,5–2.

Диаметр штока $D_{\text{ш}}$ определяется условиями его прочности в наиболее опасном сечении и возможным выходом его из устойчивого положения:

$$D_{\text{ш}} = 1,13 \sqrt{\frac{F_{\text{пр}}}{[\sigma_{\text{р}}]}},$$

где $F_{\text{пр}}$ – усилие на штоке;

$[\sigma_{\text{р}}]$ – допускаемое напряжение материала штока на разрыв.

Определив диаметр штока в наиболее опасном сечении, конструктивно выбирают способ крепления и посадочный диаметр под поршень. Искомый диаметр штока принимают несколько бóльшим посадочного диаметра, округляя его до ближайшего значения по стандартному ряду.

Расход сжатого воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) в одноцилиндровом пневматическом приводе одностороннего действия и двустороннего (без учета потерь в стыках) соответственно:

$$Q = p_{\text{в}} \frac{\pi D^2}{4} L_{\text{п}}, \quad Q = p_{\text{в}} n L \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2),$$

где L – ход штока, м;

$p_{\text{в}}$ – давление воздуха, Па;

D и d – диаметры цилиндра и штока, м;

n – число двойных ходов поршня за 1 час работы.

Внутренний диаметр воздуховода для подвода сжатого воздуха, м

$$d_{\text{в}} = 2 \sqrt{\frac{V}{\pi v t}},$$

где V – объем полости пневмоцилиндра при заданной длине хода, м^3 ;
 v – скорость протекания воздуха по трубопроводу ($v = 10\text{--}20$ м/с);
 t – время, необходимое для заполнения рабочей полости пневмоцилиндра, с.

Основным условием нормальной работы пневмоцилиндров, кроме передачи давления на рабочие органы, является их герметичность. В современных пневмоцилиндрах применяются в основном два типа уплотнителей [2; 3; 9; 11; 13]:

- манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами и штоков с крышками;
- кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения кольцевых зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами, штоков с крышками и неподвижных соединений цилиндров с крышками.

Манжеты обладают следующими достоинствами:

- высокая долговечность;
- герметичность;
- менее жесткие требования к точности и качеству обработки уплотняющих поверхностей.

Манжеты обладают следующими недостатками:

- относительная сложность изготовления;
- большой размер уплотнительного узла.

К пневмоцилиндрам предъявляются следующие технические требования. Они должны:

- быть герметичными и не допускать утечки воздуха;
- быть прочными при давлении сжатого воздуха;
- быть работоспособными;
- иметь плавность работы (без рывков) с давлением сжатого воздуха;
- обеспечивать осевую силу не менее 85 % от расчетной силы $F_{\text{пр}}$;

Пневмокамеры применяют в зажимных, фиксирующих, переключающих, тормозных, прессующих устройствах станков, прессов, варочных и других машин, в приводах арматуры с тяжелыми условиями работы, обусловленными загрязненностью окружающей среды, низким качеством очистки сжатого воздуха от механических частиц и влаги [1; 2; 3; 9; 11; 13].

Достоинствами пневмокамер являются:

- малая трудоемкость при изготовлении;
- высокая герметичность рабочей полости;
- отсутствие необходимости в подаче распыленного масла;
- низкие эксплуатационные расходы;
- высокий ресурс (до 10^6 циклов).

Недостатками пневмокамер являются:

- малая величина хода;
- непостоянство усилия по ходу;
- относительно низкая долговечность диафрагм.

Диафрагмы могут быть эластичными (из резины, резиноканевых и синтетических материалов) и металлическими (из специальных сортов стали, бронзы и латуни толщиной листа 0,2–0,5 мм) [13].

В пневмоприводах станков, прессов и других машин применяют как правило, эластичные диафрагмы, которые разделяют на плоские и тарельчатые.

Тарельчатые диафрагмы изготовляют из четырехслойной ткани, покрытой с обеих сторон маслостойкой резиной. Плоские диафрагмы вырезают из листовой технической резины с тканевой прокладкой. Кроме резиноканевых применяются и резиновые диафрагмы.

Пневмокамеры с упругими диафрагмами бывают одностороннего и двустороннего действия. В зависимости от способа компоновки с приспособлениями пневмокамеры подразделяют на универсальные, встраиваемые и прикрепляемые [13].

На рис. 5.4, б изображена нормализованная пневмокамера одностороннего действия с тарельчатой диафрагмой, служащая для перемещения зажимных устройств при закреплении и раскреплении в стационарных приспособлениях. Пневмокамера состоит из корпуса 1 и крышки 2, между которыми зажата тарельчатая диафрагма 3. Диафрагма жестко прикреплена к опорному диску, установленному на штоке 5. От распределительного крана сжатый воздух через штуцер 8 поступает в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму с опорным диском и штоком вправо. После обработки сжатый воздух из бесштоковой полости через распределительный кран выпускается в атмосферу. Пружины 6 и 7 отводят диафрагму с опорным диском влево, зажимные устройства расходятся и деталь разжимается. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками 9.

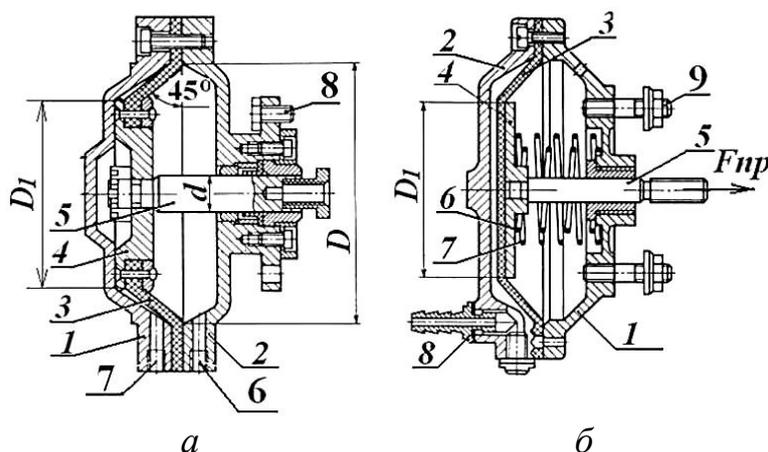


Рис. 5.4. Пневмокамеры:
а – двустороннего действия; б – одностороннего действия

Нормализованная пневмокамера двустороннего действия приведена на рис. 5.4, а. Пневмокамера состоит из корпуса 2 и крышки 1, между которыми винтами зажата тарельчатая резиноканевая диафрагма 3, жестко закрепленная кольцом и заклепками на опорном диске 4, который закреп-

лен на шейке штока 5. Сжатый воздух через штуцер в отверстии 7 поступает в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму с опорным диском и штоком вправо. После обработки сжатый воздух через штуцер в отверстии 6 поступает в штоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму со штоком в исходное положение. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками 8.

Корпус и крышку пневмокамеры изготавливают из серого чугуна, алюминиевого сплава или штампуют из стали.

Основными величинами, определяющими работу пневмокамеры, являются сила на штоке $F_{пр}$ и длина рабочего хода штока L .

В пневмокамерах усилие на штоке меняется при перемещении штока от исходного положения в конечное. Оптимальная длина хода штока пневмокамеры, при котором сила на штоке меняется незначительно, зависит от диаметра диафрагмы, ее толщины, материала, формы и диаметра опорного диска диафрагмы. Если перемещать шток пневмокамеры на всю длину рабочего хода, то в конце хода штока вся энергия сжатого воздуха будет расходоваться на упругую деформацию диафрагмы, и полезное усилие на штоке снизится до нуля. Поэтому используют не всю длину рабочего хода штока диафрагмы, а только ее часть, чтобы сила на штоке в конце рабочего хода составляла 80–85 % от силы при исходном положении штока [1; 13].

На рис. 5.5 представлены рациональные длины ходов штока от исходного до конечного положения [13].

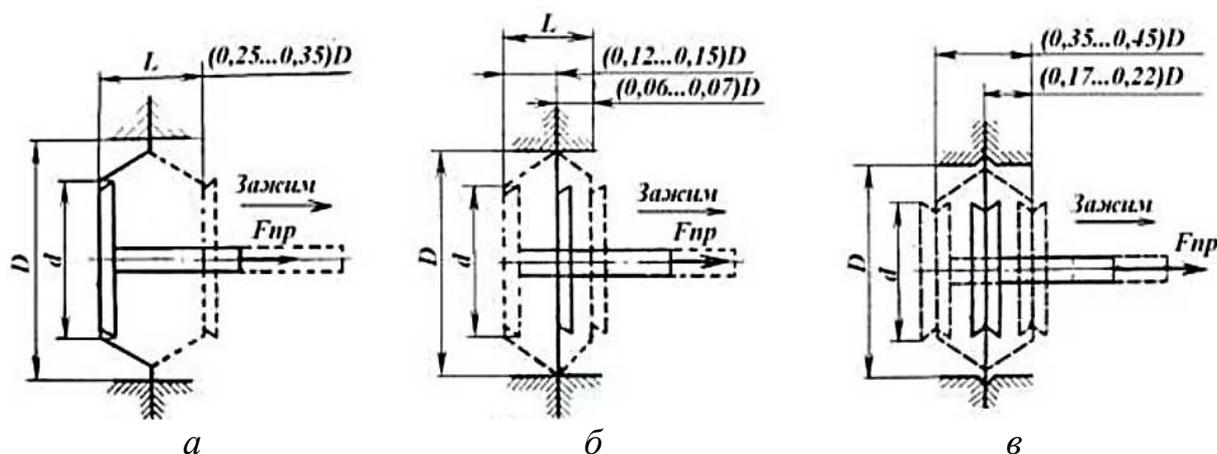


Рис. 5.5. Оптимальные длины ходов штока:

- а* – тарельчатой резинотканевой диафрагмы из ткани белтинг;
- б* – плоской резинотканевой диафрагмы; *в* – плоской резиновой диафрагмы

Приближенно силу на штоке пневмокамер одностороннего действия с плоскими или тарельчатыми резинотканевыми диафрагмами (в соответствии с рис. 5.4, б) определяют по следующим формулам [2; 3; 9; 11; 13]:

– в исходном положении штока

$$F_{пр} = \frac{\pi D^2 p_B}{16} (1 + 2k + k^2) - F_{п},$$

где D – диаметр диафрагмы (в месте заделки), мм;
 k – коэффициент соотношения диаметров;
 $F_{\text{п}}$ – сила сопротивления возвратной пружины, Н;
 D_1 – диаметр опорного диска, мм;
 $p_{\text{в}}$ – давление сжатого воздуха ($p_{\text{в}} = 0,4\text{--}0,6$ МПа);
– после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм

$$F_{\text{пр}} = \frac{0,75\pi D^2 p_{\text{в}}}{16} (1 + 2k + k^2) - F_{\text{п}}.$$

Коэффициент k обычно принимают в пределах $0,6\text{--}0,8$.

Приблизительно силу на штоке пневмокамеры двустороннего действия с плоской или тарельчатой резинотканевой диафрагмой (рис. 5.4, *a*) при подаче воздуха в бесштоковую полость определяют по следующим формулам:

– в исходном положении штока

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2 p_{\text{в}}}{16} (1 + 2k + k^2);$$

– после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм

$$F_{\text{пр}} = \frac{0,75\pi D^2 p_{\text{в}}}{16} (1 + 2k + k^2).$$

Приблизительно силу на штоке пневмокамеры двустороннего действия с плоской или тарельчатой резинотканевой диафрагмой (рис. 5.4, *a*) при подаче воздуха в штоковую полость определяют по следующим формулам:

– в исходном положении штока

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2 p_{\text{в}}}{16} (1 + 2k + k^2) - \frac{\pi p_{\text{в}} d^2}{16};$$

где d – диаметр штока, мм.

– после перемещения штока на длину $0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм

$$F_{\text{пр}} = \frac{0,75\pi D^2 p_{\text{в}}}{16} (1 + 2k + k^2) - \frac{0,75\pi p_{\text{в}} d^2}{16}.$$

Силу на штоке пневмокамер одностороннего действия с плоскими резиновыми диафрагмами при подаче воздуха в бесштоковую полость определяют по следующим формулам:

– в исходном положении штока

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2 p_{\text{в}}}{4} - F_{\text{п}};$$

– после перемещения штока на длину $0,22D$

$$F_{\text{пр}} = \frac{0,9\pi D^2 p_{\text{в}}}{4} - F_{\text{п}}.$$

Диаметр опорной шайбы пневмокамер с резиновыми диафрагмами определяют по формуле

$$D_1 = D - 2t - (2...4).$$

Толщина плоских резиновых диафрагм

$$\delta = 0,175 \frac{p_{\text{в}} D (1 - k^2)}{\tau_{\text{ср}}},$$

где $[\tau_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение на срез.

При проектировочном расчете пневмокамер, приведенные выше зависимости решаются относительно диаметра D . Рекомендуемые размеры наиболее часто используемых пневмокамер стандартизованы.

5.2. Вакуумный привод

Вакуумными называются приводы, с помощью которых под обрабатываемой заготовкой или над ней создается разрежение, в результате чего заготовка надежно прижимается к бурту этой полости всей опорной поверхностью. В вакуумных приводах для создания разрежения используются пневмоцилиндры или вакуумные насосы.

Конструкции вакуумных приводов просты, так как в них не требуется создание специальных механических устройств для закрепления обрабатываемых заготовок. Особенно удобно применение вакуумных приводов для закрепления плоских тонкостенных заготовок из диамагнитных материалов [1; 2; 3; 9; 11; 13].

Вакуумные приводы имеют следующую конструкцию. На опорной поверхности корпуса 1 (рис. 5.6, *a*) привода по контуру, соответствующему

конфигурации базовой поверхности обрабатываемой заготовки 2, выполняется специальная канавка, в которой размещается резиновая прокладка 3. В момент установки заготовки эта прокладка должна выступать над установочной плоскостью приспособления на определенную высоту. После включения приспособления в сеть вакуумного насоса в полости *A* создается разрежение. При этом заготовка, деформируя прокладку, плотно прижимается к опорной поверхности приспособления.

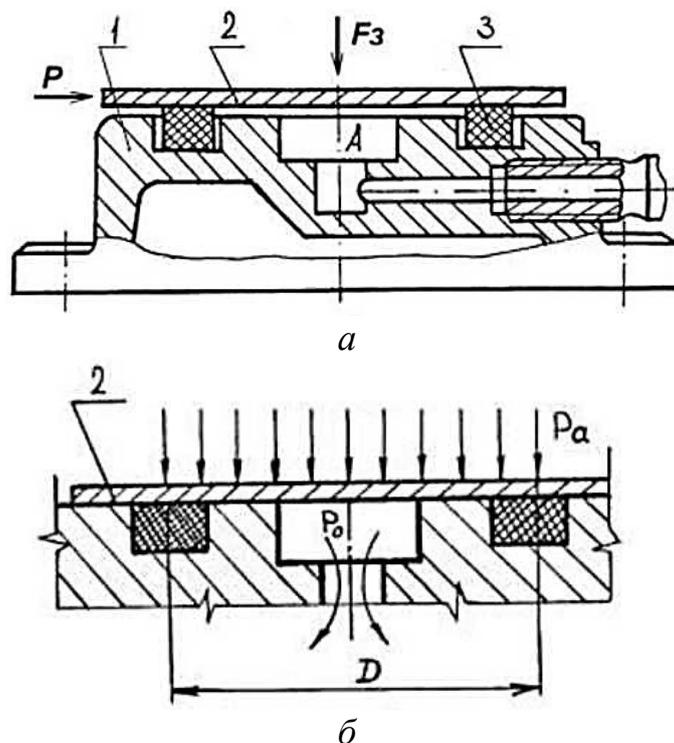


Рис. 5.6. Схема вакуумного привода приспособления с заготовкой в отжатом (*а*) и прижатом (*б*) состояниях

Для зажима плоских заготовок с поверхностями большой протяженности могут использоваться вакуумные приводы в виде плит с хорошо обработанной рабочей поверхностью и определенным количеством отверстий диаметром *d*.

Силу зажима, развиваемую вакуумным приводом, определяют по формуле [13]:

$$F_3 = (p_a - p_0) S_a k_r,$$

где p_a – атмосферное давление (принимается $p_a = 0,1013$ МПа);

p_0 – остаточное давление в камере после разрежения (принимается $p_0 = 0,01–0,015$ МПа);

S_a – активная площадь прилегания заготовки;

D – диаметр отверстий;

n – число отверстий на плите в пределах контура заготовки;

k_r – коэффициент герметичности вакуумной системы ($k_r = 0,8–0,85$).

Вакуумные приводы следует проверять на соответствие развиваемой силы B_3 условиям равновесия закрепленных заготовок, находящихся под действием сдвигающих сил обработки P . Уравнение равновесия при этом будет иметь вид

$$kP_k = (p_a - p_o) S_a k_{\Gamma} f,$$

где k – коэффициент запаса;
 f – коэффициент трения ($f = 0,3-0,4$).

5.3. Гидравлический привод

Гидравлический привод – это самостоятельная установка, состоящая из нагнетательной аппаратуры, гидродвигателя, системы управления, распределительных и предохранительных устройств, трубопроводов (рис. 5.7) [1; 2; 3; 9; 11; 13].

Гидроприводы обладают следующими достоинствами:

- возможность бесступенчатого регулирования в широких пределах скоростей и подач;
- простота и легкость управления;
- плавность и бесшумность работы;
- высокое давление масла в гидросистеме и соответственно способность развивать большие усилия при небольших габаритах;
- способность работать в динамических режимах, при частых включениях, реверсах и др.;
- рабочая жидкость выполняет одновременно функции смазки, предохраняя движущиеся части привода от износа и коррозии.

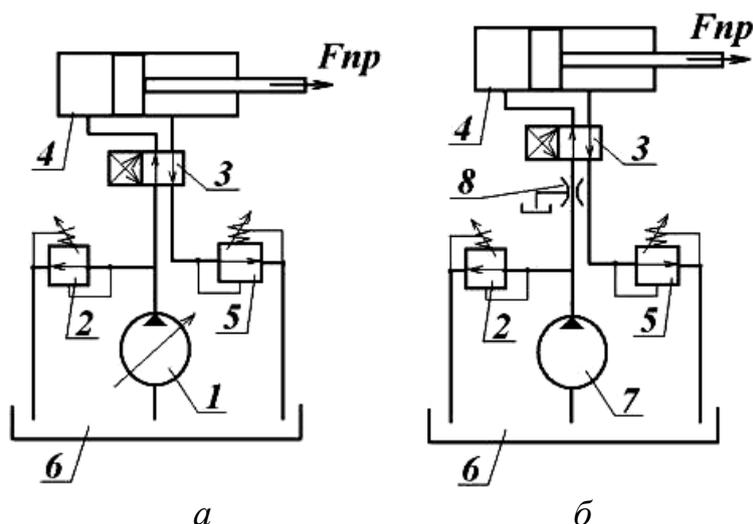


Рис. 5.7. Принципиальные схемы гидравлических приводов с объемным регулированием (а) и с дроссельным регулированием (б):
 1 – регулируемый насос; 2 – предохранительный клапан; 3 – гидрораспределитель;
 4 – гидродвигатель; 5 – подпорный клапан; 6 – бак для масла;
 7 – нерегулируемый двигатель; 8 – дроссель

К недостаткам гидроприводов можно отнести:

- высокую первоначальную стоимость;
- повышенные требования к эксплуатации в целях предупреждения утечки масла.

Различают гидроприводы с регулированием расхода жидкости в гидродвигателях и без регулирования [2; 11; 13].

Наибольшее распространение, из известных способов регулирования, получили объемный и дроссельный. При объемном способе (рис. 5.7, а) жидкость от регулируемого насоса 1 направляется к распределителю 3, а от него в зависимости от расположения золотника в распределителе, к левой или правой полостям гидродвигателя 4. Предохранение системы от перегрузки выполняется предохранительным клапаном 2, а небольшой подпор на сливной магистрали устанавливается подпорным клапаном 5 с давлением подпора 0,2–0,3 МПа. Для хранения жидкости используется бак 6. При дроссельном регулировании (рис. 5.7, б) в системе используется насос постоянной производительности. Между насосом и распределителем установлен дроссель 8, от настройки которого зависит расход жидкости. Избыток жидкости отводится через клапан 2.

Выбор способа регулирования зависит, в частности, от: характера изменения нагрузки, скорости перемещения исполнительного механизма, необходимого давления, мощности, а также определяется экономическими соображениями (рис. 5.8).

Для перекачки жидкости под давлением в гидравлических приводах используют:

- ручные рычажные и одно- или двухступенчатые винтовые насосы;
- пневмогидравлические насосы;
- шестеренные, пластинчатые, радиально-поршневые и аксиально-поршневые насосы с приводом от электродвигателя.

Регулирование подачи осуществляется либо за счет изменения эксцентриситета, если насос радиально-поршневой, или изменением наклона шайбы, если насос аксиально-поршневой.

Расчет гидроцилиндров сводится к определению силы на штоке $F_{пр}$ гидроцилиндра по известным геометрическим параметрам и давлению масла [1; 2; 3; 9; 11; 13].

Сила на штоке гидроцилиндра одностороннего действия, Н:

- толкающая

$$F_{пр} = \frac{\pi D^2}{4} p_M \eta_{мех} - F_{п};$$

- тянущая

$$F_{пр} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p_M \eta_{мех} - F_{п}.$$

Сила на штоке гидроцилиндра двустороннего действия, Н:

– толкающая сила

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2}{4} p_{\text{м}} \eta_{\text{мех}};$$

– тянущая сила

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p_{\text{м}} \eta_{\text{мех}},$$

где D – диаметр цилиндра, мм;

d – диаметр штока, мм;

$p_{\text{м}}$ – давление масла в магистрали ($p_{\text{м}} = 1,9\text{--}7,3$ МПа);

$\eta_{\text{мех}} = 0,93$ – механический КПД гидроцилиндра;

$F_{\text{п}}$ – сила сопротивления возвратной пружины в крайнем рабочем положении, Н.

В случае известных $p_{\text{м}}$ и $F_{\text{пр}}$ приведенные зависимости решаются относительно диаметра цилиндра D . Полученные расчетные значения диаметров округляются до ближайшего большего значения из стандартного ряда [2; 3; 9; 11; 13].

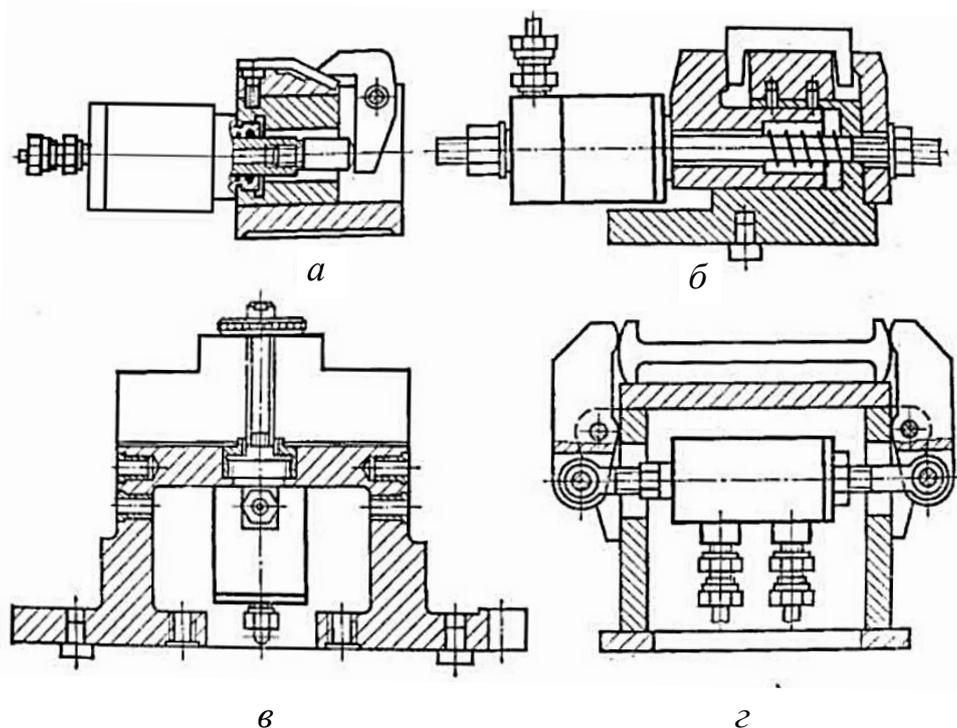


Рис. 5.8. Примеры применения стандартных гидроцилиндров для станочных приспособлений:

a – одностороннего действия со сплошным штоком; $б$ – одностороннего действия с полым штоком; $в$ – двустороннего действия; $г$ – двустороннего действия укороченного

Производительность насосов гидравлических приводов, м/с,

$$Q = \frac{\pi D^2 l}{t \eta_1},$$

где D – диаметр цилиндра, м;

l – длина рабочего хода поршня гидроцилиндра, м;

t – время рабочего хода поршня гидроцилиндра, с;

$\eta_1 = 0,85$ – объемный КПД гидросистемы, учитывающий утечки масла в золотнике и гидроцилиндре.

Время t (с) срабатывания гидроцилиндра можно определить по упрощенной формуле

$$t = \frac{\pi D^2 l}{4 \cdot 10^3 Q},$$

Скорость перемещения поршня, м/с:

– при подаче масла в бесштоковую полость

$$v = 1,27 \cdot 10^6 \frac{Q}{D^2};$$

– при подаче масла в штоковую полость

$$v = 1,27 \cdot 10^6 \frac{Q}{D^2 - d^2}.$$

Мощность, расходуемая на привод насоса, кВт,

$$N = \frac{Q p_M}{1,02 \cdot 10^5 \eta_2},$$

где Q – производительность насосов гидропривода, м/с;

p_M – давление масла в гидроцилиндре, Па;

$\eta_2 = 0,9$ – КПД насоса и силового узла.

5.4. Пневмогидравлический привод

Пневмогидравлические приводы состоят из преобразователя давления, который соединен с гидроцилиндрами приспособлений и необходимой аппаратурой. Преобразователи предназначены для преобразования энергии

сжатого воздуха в энергию масла с увеличенным давлением. В пневмогидравлическом приводе исходной энергией является энергия сжатого воздуха, которая преобразуется вначале в энергию сжатой жидкости, а уже затем в силу на штоке. Различают пневмогидравлические приводы с преобразователями прямого и последовательного действий [1; 2; 13].

Пневмогидравлический привод с преобразователем прямого действия (рис. 5.9) состоит из пневмоцилиндра 1 одностороннего действия с поршнем 2 и гидравлического цилиндра 3 одностороннего действия с поршнем 4. Сжатый воздух ($p_{\text{в}} = 0,4\text{--}0,6$ МПа) поступает в бесштоковую полость пневмоцилиндра 1 и перемещает поршень со штоком 5 влево. Шток 5, являясь одновременно плунжером, сжимает масло до давления $p_{\text{м}}$. Под действием давления масла $p_{\text{м}}$ поршень 4 гидроцилиндра перемещается влево, создавая на штоке 6 силу F_3 .

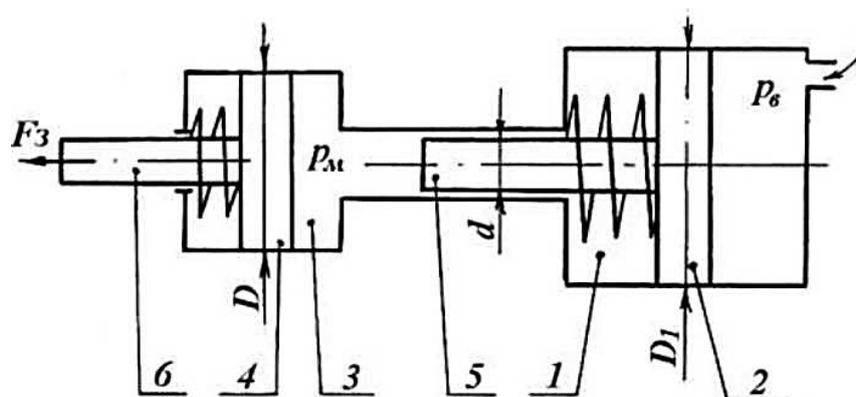


Рис. 5.9. Схема пневмогидравлического привода с преобразователем прямого действия

При равновесии привода [2; 3; 9; 11; 13]

$$p_{\text{м}} \frac{\pi D^2}{4} = p_{\text{в}} \frac{\pi D_1^2}{4},$$

откуда

$$p_{\text{м}} = p_{\text{в}} \frac{D_1^2}{d^2},$$

где D_1 — диаметр пневмоцилиндра, мм;

d — диаметр плунжера, мм.

Отношение

$$i = \frac{p_{\text{м}}}{p_{\text{в}}} = \frac{D_1^2}{d^2},$$

называют коэффициентом усиления ($i = 16\text{--}21$).

Величина хода L (мм) штока пневмоцилиндра

$$L = l \left(\frac{D}{d} \right)^2,$$

где l – ход штока гидроцилиндра, мм.

Сила на штоке пневмогидравлического привода

$$F_3 = p_v \frac{\pi D^2}{4} \left(\frac{D_1^2}{d^2} \right) \eta_{об},$$

где $\eta_{об} = 0,8-0,85$ – общий КПД привода.

Диаметр плунжера и диаметр гидроцилиндра связаны соотношением

$$d = \frac{D}{1,75 \dots 2,5}.$$

Существенным недостатком преобразователей прямого действия является сравнительно большой ход поршня 2 пневмоцилиндра для получения относительно небольших перемещений на штоке 6 гидроцилиндра. Другим недостатком пневмогидравлических приводов является вспенивание масла, вследствие попадания в него сжатого воздуха.

Пневмогидравлические преобразователи последовательного действия (рис. 5.10) обеспечивают большее давление масла и больший ход рабочих органов гидроцилиндров по сравнению с преобразователями прямого действия. Преобразователь последовательного действия отличается от преобразователя прямого действия наличием в нем полости низкого давления масла и работает по следующему замкнутому циклу:

– при низком давлении масла, перемещая поршни со штоками в гидроцилиндрах приспособлений, выбирают зазоры и осуществляют предварительный зажим детали;

– при высоком давлении масла осуществляют окончательный зажим детали;

– после обработки деталей механизм высокого давления переключается на разжим деталей.

Сжатый воздух через распределительный четырехходовой кран 1 по трубопроводам поступает в левую полость пневмоцилиндра 4 и в нижнюю полость пневмокамеры 2 с диафрагмой из маслостойкой резины. Во время перемещения поршня со штоком 5 в пневмоцилиндре 4 вправо и выгибания диафрагмы 3 вверх, масло из полости 6 выдавливается в левую полость силового цилиндра 8 и перемещает поршень 10 со штоком 9 вправо. При этом шток 9 через промежуточные звенья передвигает зажимы, выби-

рает зазоры, и деталь предварительно зажимается. Когда шток 5 перекрывает полость 6, то он вытеснит масло из малой полости 7 в левую полость цилиндра 8, перемещение поршня 10 со штоком 9 вправо замедлится, осевая сила на штоке увеличится, и произойдет окончательный зажим детали. При разжиге детали сжатый воздух подается в правые полости цилиндров 8 и 4, благодаря чему штоки 9 и 5 с поршнями переместятся в исходное положение.

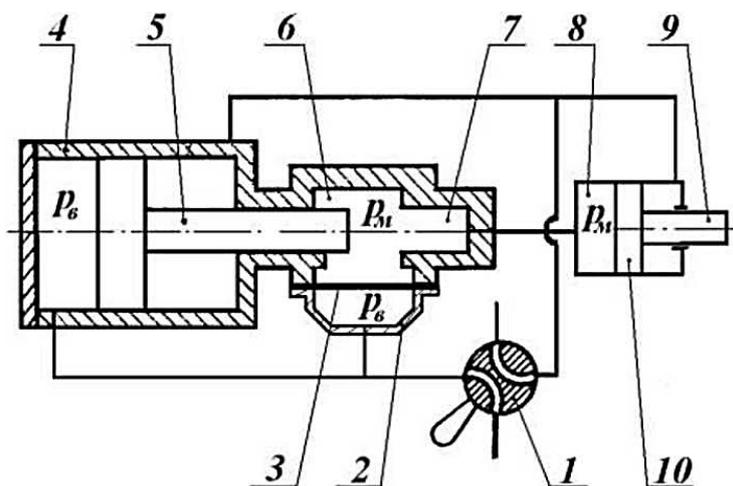


Рис. 5.10. Схема пневмогидравлического привода с преобразователем давления последовательного действия

Контрольные вопросы

1. Каково назначение силового привода?
2. Перечислите виды силовых приводов.
3. Каковы достоинства и недостатки пневматического привода?
4. Каково давление воздуха в рабочих полостях пневмодвигателей?
5. Какие по характеру движения выходного звена различают пневмодвигатели?
6. Перечислите способы крепления пневмоцилиндров в корпусе приспособления.
7. Перечислите технические требования для обеспечения нормальной работы пневмоцилиндров.
8. Дайте характеристику основным типам уплотнений пневмоцилиндров.
9. Какова область использования пневмокамер?
10. Из каких элементов состоит пневмокамера одностороннего действия?
11. Каковы принцип действия и область использования вакуумного привода?
12. Каковы достоинства и недостатки гидравлического привода?

6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

6.1. Направляющие устройства приспособлений

Элементы приспособлений для определения положения и направления инструментов можно разделить на три группы [1; 2; 3; 9; 11; 13]:

- 1) для быстрой установки инструментов на размер – шаблоны, установочные;
- 2) для определения положения и направления осевых инструментов – кондукторные втулки;
- 3) для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки – копиры.

Применением этих элементов в приспособлениях достигают повышения точности размеров в партии изготовленных деталей и производительности труда на операции.

Кондукторные втулки используют для направления инструмента (сверла, зенкера, развертки и борштанги) на станках сверлильно-расточной группы. Они позволяют повысить точность диаметральных размеров, формы и особенно точность положения отверстий.

Различают кондукторные втулки постоянные без бурта (рис. 6.1, *а*) и с буртом (рис. 6.1, *б*) для работы одним инструментом.

Сменные кондукторные втулки (рис. 6.1, *в* и 6.1, *г*) применяют при обработке отверстий несколькими последовательно сменяемыми инструментами. Сменные втулки *1* устанавливают в постоянные втулки *2* по посадкам H7/g7, либо H5/g5. В корпус постоянные втулки устанавливают по посадке H7/n7. Втулки диаметром до 25 мм изготавливают из стали У10А или У12А с закалкой до твердости HRC 62–65. Для втулок с $d > 25$ мм применяют сталь 20 и 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до той же твердости.

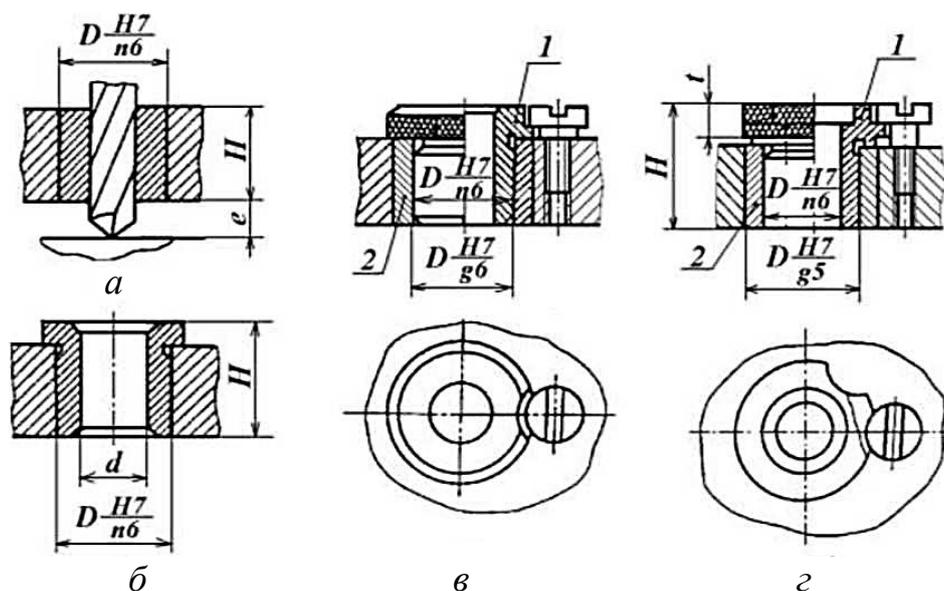


Рис. 6.1. Постоянные (*а*, *б*) и сменные (*в*, *г*) кондукторные втулки

Отверстия кондукторных втулок для направления режущего инструмента изготавливают по 7-му качеству.

Ориентировочный срок службы кондукторных втулок 10 000–15 000 сверлений при $l \geq d$.

Для уменьшения изнашивания втулок между ее нижним торцом и поверхностью заготовки предусматривают зазор e (рис. 6.1, *a*) для отвода стружки. При сверлении чугуна $e = (0,3–0,5)d$, при сверлении стали и других вязких материалов зазор увеличивают до $e = d$, при зенкерованиях $e \leq 0,3d$.

Специальные кондукторные втулки (рис. 6.2) имеют конструктивное устройство, отвечающее особенностям детали и операции.

Так, на рис. 6.2, *a* представлена втулка для обработки отверстия в криволинейной поверхности.

Удлиненная быстросменная втулка (рис. 6.2, *б*) служит для направления оси отверстия, расположенного в углублении. При малом расстоянии между осями отверстий применяют конструкции, представленные на рис. 6.2, *в* и *г*.

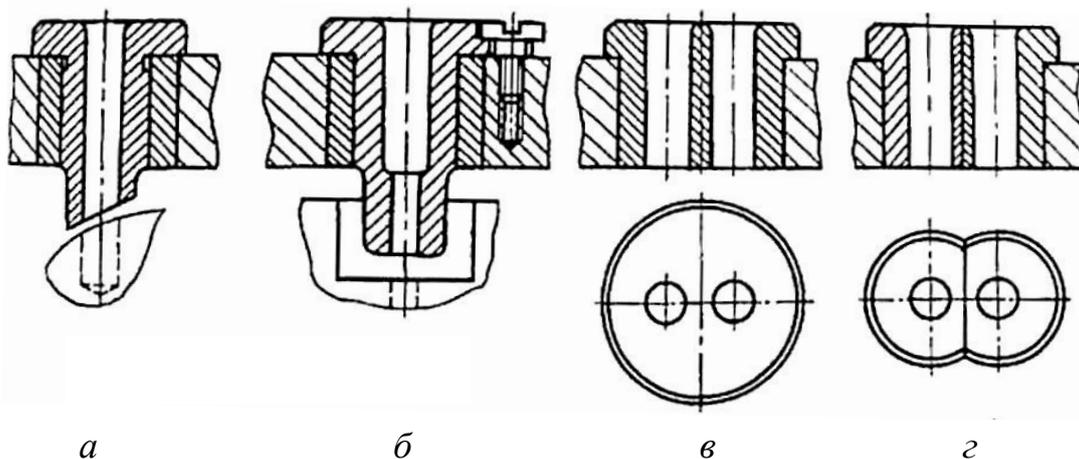


Рис. 6.2. Специальные кондукторные втулки

При обработке отверстий в корпусных деталях на расточных станках применяют приспособления с вращающимися втулками. Вращающиеся втулки монтируют на подшипниках скольжения или качения и располагают обычно по обе стороны растачиваемого отверстия. Это предотвращает увод инструмента при расточке.

6.2. Корпуса приспособлений

Корпус приспособления является базовой деталью. На корпусе монтируют зажимные устройства, установочные элементы, детали для направления инструмента и вспомогательные детали [3; 9; 11].

Форма и размеры корпуса приспособления зависят от формы и габаритов устанавливаемых в приспособлении деталей и расположения установочных, зажимных и направляющих деталей приспособления.

Действие сил зажима и сил резания, воспринимаемых обрабатываемой деталью, закрепленной в приспособлении, передается его корпусу. Поэтому корпус приспособления должен быть достаточно жестким, прочным, обладать износо- и виброустойчивостью и обеспечивать быструю, удобную установку и снятие обрабатываемых деталей.

Корпус должен быть доступен для очистки его от стружки, быстрой и правильной установки на столе станка.

При проектировании в конструкцию корпуса должны быть заложены такие условия безопасности работы, как: отсутствие острых углов и малых просветов между рукояткой и корпусом, устойчивость и др.

При соблюдении всех технических требований трудоемкость изготовления корпуса и его себестоимость должны быть минимальными.

Корпуса приспособлений изготавливают (рис. 6.3) литьем, сваркой, ковкой, резкой, используя сортовой материал (прокат), а также сборкой из элементов на винтах или с гарантированным натягом.

Для изготовления корпусов обычно применяют серый чугун СЧ12, СЧ18 и сталь 3, в отдельных случаях – легкие сплавы на алюминиевой основе.

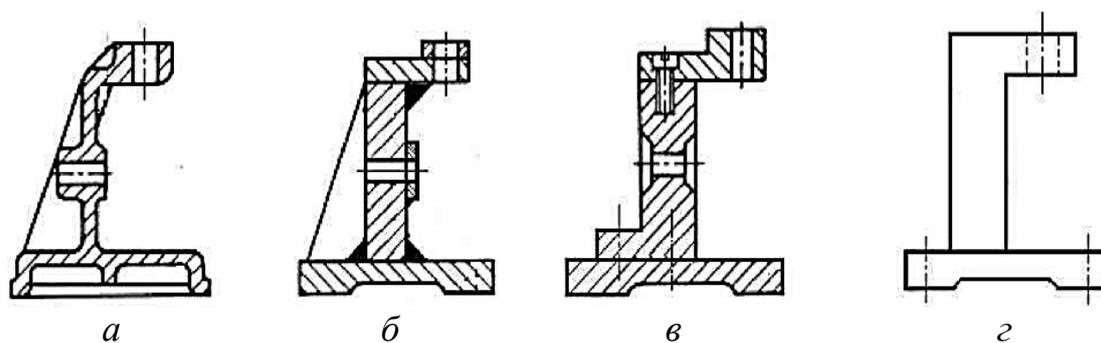


Рис. 6.3. Варианты изготовления корпуса приспособления:
а – литого; *б* – сварного; *в* – сборного; *г* – кованого

Литьем выполняют преимущественно корпуса сложной конфигурации; сроки их изготовления довольно длительны. Литые корпуса могут оказаться выгодными при изготовлении нескольких одинаковых корпусов.

Стальные сварные корпуса применяют в основном в приспособлениях для обработки заготовок крупных деталей. Сварные стальные корпуса по сравнению с литыми чугунными имеют меньший вес, проще в изготовлении, имеют меньшую стоимость. К недостаткам стальных корпусов относится деформация при сварке, поэтому в деталях корпуса возникают остаточные напряжения, влияющие на точность сварного шва.

Кованые стальные корпуса применяют в приспособлениях для обработки заготовок деталей небольших размеров простой формы. Значительно реже применяют корпуса из алюминия и пластмассы.

Сборные корпуса технологичнее и дешевле, но обладают пониженной жесткостью, для повышения которой применяют полости, окна, ребра жесткости и пр.

Значительное снижение расходов и сокращение сроков изготовления обеспечивает нормализация корпусов и их заготовок. Для изготовления сборных корпусов применяют типовые детали, приведенные на рис. 6.4.

Для установки и закрепления корпусов приспособлений на оборудовании без выверки конфигурации и размеры основной базы корпуса должны быть выполнены в соответствии с посадочными местами стыков.

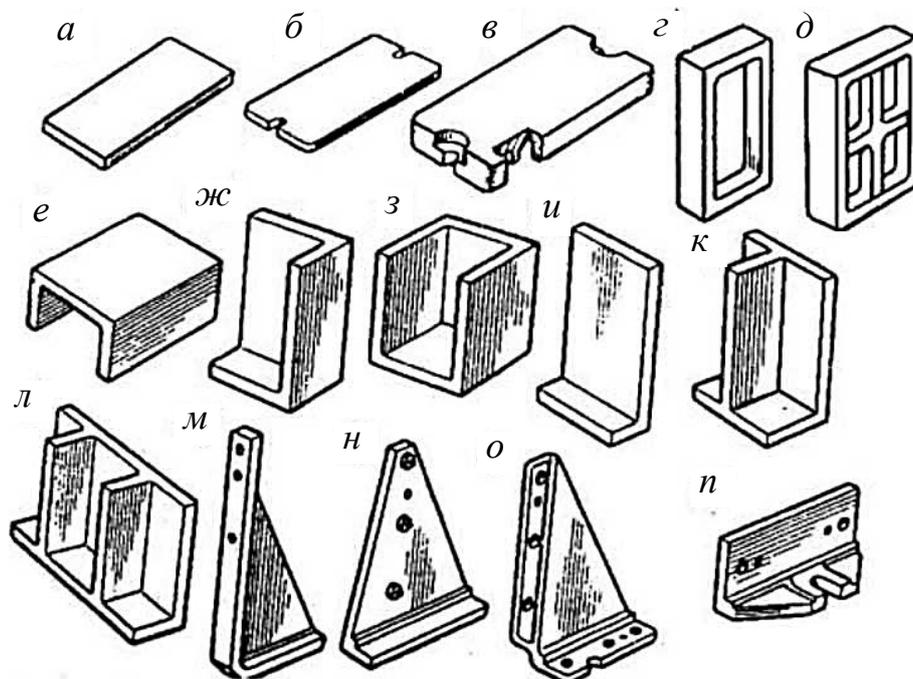


Рис. 6.4. Типы нормализованных элементов корпусов:
а – плиты стальные; *б, в* – плиты чугунные; *г, д* – коробки; *е* – швеллеры;
ж, з – четырехгранники; *и* – угольник; *к, л* – угольники с ребрами;
м-о – ребра; *п* – планка

Для токарных приспособлений основная база зависит от конструкции и размеров шпинделя. На рис. 6.5 показаны примеры центрирования и крепления корпусов приспособлений на шпинделях станков токарной группы в зависимости от конструктивного исполнения конца шпинделя. Мелкие компоновки крепятся на шпинделе при помощи конусного переходника или переходного фланца. Крупные приспособления, монтируемые на больших круглых плитах, крепятся к переходным планшайбам токарного станка.

Конструкции токарных приспособлений можно разделить на два вида. К первому виду относятся такие, у которых установочные и зажимные элементы в соответствии с рис. 6.5, *б* размещаются и крепятся непосредственно на плоскости круглой базовой плиты (корпуса). Ко второму виду (рис. 6.5, *а*) относятся приспособления для выполнения таких операций, которые требуют установки и крепления обрабатываемой детали на плоскости угольника, соединенного с круглой базовой плитой (корпусом).

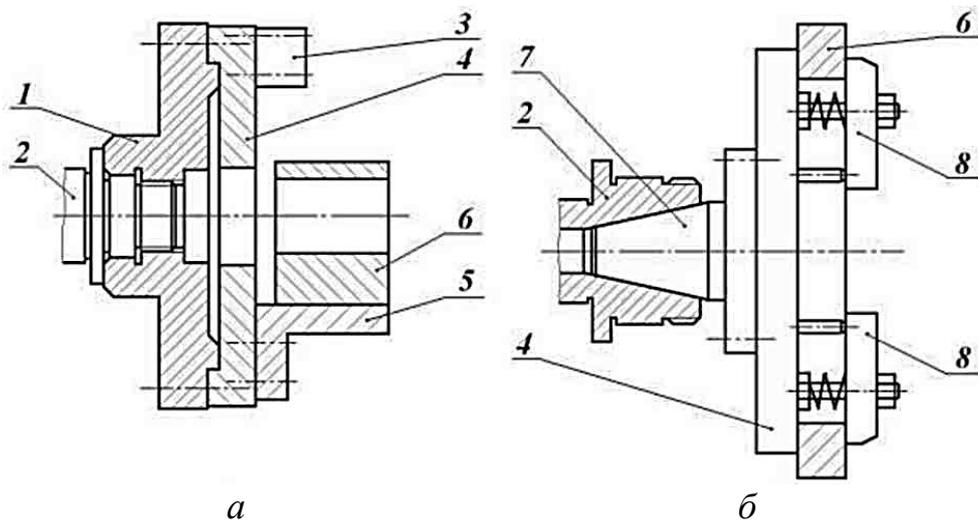


Рис. 6.5. Приспособления для токарных работ:
 1 – переходной фланец; 2 – передний конец шпинделя станка; 3 – противовес;
 4 – корпус приспособления; 5 – угольник; 6 – обрабатываемая деталь;
 7 – конусный переходник; 8 – зажимной механизм

Для приспособлений, устанавливаемых на стол станка, основной базой являются опорные плоскости и шпонки (или пальцы). Быстрая и точная установка приспособления на столе станка обеспечивается с помощью направляющих шпонок 1, вводимых в Т-образный паз 2 стола станка (рис. 6.6). Шпонки выполняют в виде коротких сухарей, привернутых к нижней плоскости корпуса.

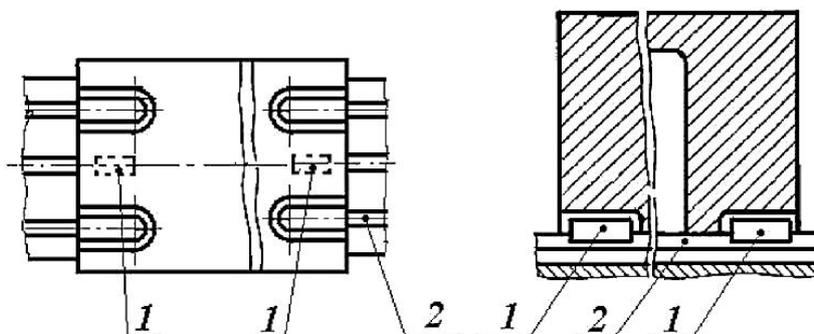


Рис. 6.6. Базирование корпуса на столе станка:
 1 – направляющие шпонки; 2 – Т-образный паз стола станка

Контрольные вопросы

1. Каково назначение кондукторных втулок?
2. В каких целях в конструкциях приспособлений используют направляющие устройства?
3. В каких целях между нижним торцом кондукторной втулки и обрабатываемой заготовкой предусматривают зазор?
4. Каковы основные требования к корпусам приспособлений?
5. Какие существуют способы изготовления корпусов?

7. ТОЧНОСТЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

7.1. Обеспечение точности приспособлений

При разработке чертежа общего вида приспособления и его рабочих чертежей конструктор должен установить допуски размеров, которые по точности разбиваются на три группы [2; 3; 9; 11; 13].

К первой группе относятся размеры элементов и сопряжений, непосредственно определяющие точность обработки (расстояние между осями кондукторных втулок сверлильного приспособления, отклонение от параллельности рабочей плоскости установочных элементов и плоскости корпуса приспособления, контактирующей со столом станка и т. д.), а также размеры установочных элементов.

Во вторую группу входят размеры деталей и сопряжений приспособлений, погрешности которых не оказывают влияния на точность обработки (размеры сопряжений зажимных устройств и приводов, выталкивателей и других вспомогательных устройств).

В третью – размеры несопрягаемых обработанных и необработанных поверхностей деталей приспособлений.

С целью обеспечения точности обработки проектируемое приспособление должно обладать достаточной жесткостью. Для этого желательно применять конструкции с наименьшим количеством стыков. Менее предпочтительны сборные конструкции приспособлений с большим количеством стыков; более предпочтительны цельные и сварные конструкции.

Детали приспособлений должны быть жесткими при работе на изгиб и кручение и прочными при всех видах нагружения в эксплуатационных условиях. Корпусные детали приспособлений следует конструировать так, чтобы не возникала их деформация при зажиме и обработке заготовок и отсутствовала деформация элементов станка, на которых они размещаются и закрепляются.

7.2. Расчет приспособлений на точность

Цель расчета на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному параметру и задании допусков размеров деталей и элементов приспособления. Расчет, как правило, должен состоять из следующих этапов [13]:

- 1) выбор одного или нескольких параметров приспособления, которые оказывают влияние на положение и точность обработки заготовки;
- 2) принятие порядка расчета и выбор расчетных факторов;
- 3) определение требуемой точности изготовления приспособления по выбранным параметрам;
- 4) распределение допусков изготовления приспособления на допуски размеров деталей, являющихся звеньями размерных цепей;

5) внесение в ТУ сборочного чертежа пункта об обеспечении точности приспособления обработкой его в сборе (в случае невозможности или экономической нецелесообразности обеспечения полученного расчетом допуска размера приспособления путем изготовления с соответствующей точностью и сборки деталей).

7.3. Выбор расчетных параметров

Выбор расчетных параметров осуществляется в результате анализа принятых схем базирования и закрепления заготовки и приспособления, а также точности обеспечиваемых обработкой размеров. Приспособление рассчитывается на точность по одному параметру в случае, если при обработке заготовки размеры выполняются в одном направлении, и по нескольким параметрам, если на заготовке выполняются размеры в нескольких направлениях [1].

В зависимости от конкретных условий в качестве расчетных параметров могут выступать допуск параллельности или перпендикулярности рабочей поверхности установочных элементов и поверхности корпуса приспособления, контактирующей со станком; допуск линейных и угловых размеров; допуск соосности (эксцентриситет) и перпендикулярности осей цилиндрических поверхностей и т. п. Чаще всего расчетный параметр определяет точность положения рабочих поверхностей установочных элементов (их рабочих поверхностей) приспособления относительно опорных (посадочных, присоединительных) поверхностей корпуса, посредством которых приспособление соединяется со столом или шпинделем станка. Другими словами, расчетный параметр должен связывать по точности относительного положения поверхности приспособления, контактирующие с заготовкой и со станком.

7.4. Методика расчета точности приспособлений

На точность детали влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуска выполняемого размера при обработке заготовки, т. е. $\varepsilon_0 < \delta$ [1; 13].

Тогда величину погрешности изготовления приспособления можно определить, вычитая из величины общей погрешности обработки величину допуска выполняемого размера ($\delta - \varepsilon_0$).

В связи со сложностью нахождения ряда величин, являющихся составными элементами ε_0 и δ , погрешность изготовления приспособления может быть определена по следующей упрощенной зависимости:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta - k_T \sqrt{(k_{T_1} \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (k_{T_2} \omega)^2},$$

где δ – допуск выполняемого при обработке размера заготовки;

k_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения: $k_T = 1-1,2$ (в зависимости от количества значимых слагаемых; чем их больше, тем ближе к единице следует принимать значение коэффициента);

k_{T_1} – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках: $k_{T_1} = 0,8-0,85$;

k_{T_2} – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления: $k_{T_2} = 0,6-0,8$ (большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления);

ε_6 – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

ε_3 – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

ε_y – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_{и}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания установочных элементов приспособления;

$\varepsilon_{п}$ – погрешность от перекоса инструмента (учитывают при наличии направляющих – кондукторных втулок при обработке отверстий осевым инструментом);

ω – средняя экономическая точность обработки.

7.5. Определение расчетных факторов

Допуск δ берется с чертежа детали или с операционного эскиза технологического процесса обработки заготовки.

Погрешность базирования ε_6 определяется или рассчитывается в каждом конкретном случае. Она возникает в случае несовпадения технологической и измерительной баз.

Причиной его возникновения являются погрешности размеров заготовки, которые выполнены на предыдущих этапах обработки.

ε_3 – погрешность закрепления можно определять аналитически, когда рассчитывают весьма малые смещения заготовок. В подавляющем большинстве случаев для расчета приспособления на точность она принимается по таблицам.

Погрешность установки приспособления на станке ε_y возникает из-за зазоров между направляющими шпонками и установочными пальцами приспособления с Т-образными пазами или отверстиями стола станка, что характерно для фрезерных, расточных и других приспособлений.

Погрешность положения заготовки $\varepsilon_{и}$ характеризует изменение положения рабочих поверхностей установочных элементов в результате их из-

нашивания в процессе эксплуатации приспособления. На интенсивность изнашивания установочных элементов влияют их размеры и конструкция, материал и масса обрабатываемой заготовки, состояние ее базовых поверхностей, а также условия установки заготовки в приспособлении и снятия ее.

Износ установочных элементов приближенно можно определить по следующим формулам:

– для опор с малой поверхностью контакта

$$u = \beta_1 N^n;$$

– для опор с развитой поверхностью контакта

$$u = \beta_2 N,$$

где u – размерный износ опоры, мкм;

β_1 и β_2 – постоянные, зависящие от вида установочных элементов и условий контакта;

N – количество контактов заготовки с опорой в год.

При малом износе приспособлений и нежестких по допускам выполняемых размерах заготовки значение $\varepsilon_{\text{н}} = u \cdot n$. Ресурс работы приспособления до контроля и ремонта в этом случае возрастает до n лет.

Предельным износом кондукторных втулок считается нижнее допустимое отклонение диаметра просверливаемого отверстия, которое и принимают в качестве погрешности от изнашивания $\varepsilon_{\text{н}}$ при расчете кондукторов на точность.

Погрешность положения отверстий, связанная с перекосом и смещением обрабатывающего инструмента (погрешность от перекоса), $\varepsilon_{\text{п}}$ возникает из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления. При расчете $\varepsilon_{\text{п}}$ следует руководствоваться схемой, изображенной на рис. 7.5.

Если перекоса сверла нет, то максимальное смещение s_1 оси сверла от среднего положения равно половине наибольшего диаметрального зазора $2s_1$. При перекосе сверла во втулке к параллельному смещению оси отверстия s_1 прибавляется смещение s_2 , пропорциональное углу перекоса a и зазору e . Тогда при $e > 0,3d$

$$\varepsilon_{\text{п}} = s + \frac{2se}{l}.$$

При $e = 0$

$$\varepsilon_{\text{п}} = s + \frac{2s \cdot 0,3d}{l - 0,3d}.$$

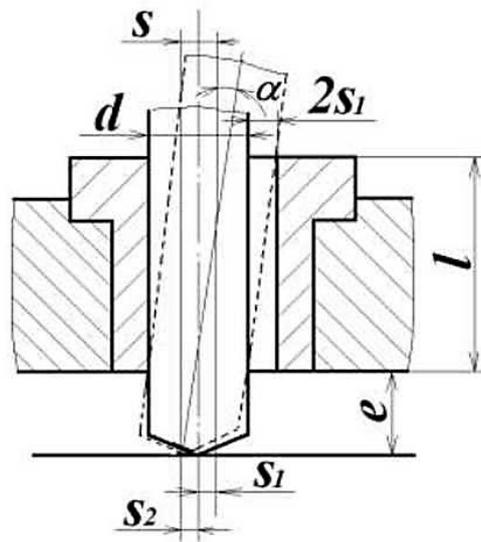


Рис. 7.1. Схема для расчета перекоса и смещения сверла в кондукторной втулке

Если в приспособлении нет направляющих элементов, погрешность от перекоса (смещения) инструмента при расчете на точность не учитывается.

Экономическую эффективность обработки ω , исходя из экономически оправданной точности для принятого метода обработки, можно определять по таблицам.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы расчета точности приспособлений?
2. Что называется расчетным параметром приспособления?
3. Допуск выполняемого размера 0,25 мм, общая погрешность обработки 0,15 мм: определите величину погрешности изготовления приспособления.
4. По какой причине возникает погрешность базирования?
5. По какой причине возникает погрешность установки приспособления на станке?
6. Каким образом определяют погрешность положения заготовки в результате изнашивания установочных элементов?
7. Назовите основные этапы расчета точности приспособлений.
8. Каков порядок определения расчетных факторов?
9. Какова методика расчета точности приспособлений?

8. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

8.1. Исходные данные и задачи конструирования [1]

Проектирование приспособлений неразрывно связано с разработкой технологического процесса обработки заготовки. Технолог и конструктор в работе по проектированию приспособлений решают вполне определенные задачи.

Для технолога это: выбор технологических баз; установление маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки и указанием промежуточных размеров по каждой операции, дающих представление о базировании и закреплении заготовки; выбор и расчет параметров режима обработки, включая силы и моменты обработки (резания); выбор типа и модели станка; предварительная разработка схемы приспособления; нормирование операций.

В задачи конструктора входят: конкретизация предложенной технологической схемы приспособления и базирования заготовки; выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления; определение потребных сил зажима; выбор схемы и расчет зажимных устройств и приводов к ним; определение конструкции и размеров направляющих элементов приспособления; общая компоновка приспособления с назначением допусков на его сборку и на изготовление деталей. В результате конструктор должен выдать готовый чертеж приспособления, оформленный в соответствии с требованиями стандартов, с техническими условиями на изготовление и эксплуатацию.

Исходная информация для разработки приспособления в соответствии с ГОСТ 14303-73 подразделяется на базовую, руководящую и справочную. Базовая информация включает данные конструкторской документации на изделие (чертеж детали и технические требования ее приемки) и программу выпуска изделия. В руководящую информацию входят данные из стандартов, нормативной документации на прогрессивную оснастку и производственных инструкций. Справочная информация включает данные, содержащиеся в действующих технологических процессах, описаниях прогрессивной оснастки, каталогах, номенклатурных справочниках прогрессивного технологического оборудования и оснастки, материалах по выбору технологических нормативов (параметров режима обработки, расчетных факторов для расчета приспособлений и т. д.), методических материалах по конструированию и расчету приспособлений.

При проектировании приспособления необходимы следующие исходные данные: чертеж заготовки; чертеж детали и технические требования по ее приемке; операционные эскизы заготовки на предшествующую и выполняемую операции; технологический процесс изготовления данной детали; стандарты и нормативы на детали и сборочные единицы приспособлений; альбомы нормализованных конструкций и чертежи подобных по назначе-

нию приспособлений; данные о станках. Из технологического процесса изготовления детали конструктор выясняет последовательность и содержание операций, принятое базирование, используемые станки и инструменты, параметры режимов резания, нормы времени и заданную производительность обработки.

Перед проектированием приспособления конструктор должен иметь характеристику станка, заложенного технологом в техпроцессе (в частности, его основные размеры, связанные с размещением приспособления, – размеры стола, рабочие перемещения стола и их пределы, размеры и расположение Т-образных пазов, наименьшее расстояние от стола до шпинделя, размер конуса шпинделя и т. д.), а также его техническое состояние. Желательно непосредственно ознакомиться со станком для выявления особенностей приспособления, связанных с оборудованием, и установления наивыгоднейшего расположения органов управления (пневмокранов, рукояток и т. п.). Целесообразно также изучить конструкции и опыт эксплуатации аналогичных приспособлений.

При тщательной проработке исходной информации конструктор может предложить технологу наиболее рациональное построение операции и выбрать другую схему приспособления.

Обоснование конструкции приспособления следует связывать с обеспечением заданной производительности станка на данной операции, которая определяется программой выпуска изделий. Эта программа учитывается при разработке технологического процесса изготовления детали и сказывается на исходных данных для проектирования приспособления. Фактором, определяющим достижение заданной производительности станка и конструкцию приспособления, является соотношение такта выпуска и штучного времени с учетом его составляющих, из которых главным в данном случае является суммарное технологическое и вспомогательное время, затрачиваемое на установку и снятие заготовки и управление приспособлением. Поэтому принятие решения о конструкции приспособления тесно связано с нормированием технологического процесса.

Окончательное решение о выборе той или иной конструкции приспособления следует принимать после расчета экономической эффективности, которая заключается в сопоставлении затрат и экономического эффекта при использовании прогрессивного приспособления, относимых к годовому периоду эксплуатации. Затраты слагаются из расходов на амортизацию приспособления (амортизационные отчисления), его содержание и эксплуатацию. Экономия достигается за счет снижения трудоемкости изготовления деталей, а следовательно, за счет сокращения затрат на основную зарплату. Приспособление считается рентабельным, если годовая экономия, получаемая при его применении, больше связанных с ним годовых затрат.

8.2. Последовательность конструирования [1]

Процесс проектирования приспособлений состоит из ряда последовательных этапов.

1. Изучают чертеж изделия, содержание и структуру технологической операции; разрабатывают схемы базирования и закрепления изделия, схемы наладки, изучают характеристики станка, на котором планируется обработка, выбирают способ и подвод режущего инструмента, охлаждающей жидкости; выбирают механизированные средства установки изделия (при массе более 20 кг). Учитывают тип производства, положение рабочего относительно оборудования и приспособления, размер партии изделий и пр. Анализируя чертеж обрабатываемой детали, выделяют поверхности, обрабатываемые в проектируемом приспособлении, технологические базы, поверхности под зажимные элементы; изучают форму, размеры, координаты взаимного расположения поверхностей (осей), требования к точности и шероховатости обработки.

2. Проводят обзор и анализ существующих конструкций, используемых для аналогичных работ; уточняют схемы базирования и закрепления; рассчитывают силы резания и зажима; выбирают места приложения силы зажима; определяют и выбирают типы и размеры установочных элементов, их число и взаимные положения.

3. Выбирают тип зажимного устройства и его привода и определяют его основные параметры с учетом заданного времени на установку.

4. Определяют типы и размеры элементов для направления и контроля положения режущего инструмента.

5. Определяют конструкции и размеры вспомогательных элементов и устройств.

6. Выполняют эскизную разработку вариантов общего вида приспособления.

7. Определяют параметры выбранного варианта конструкции приспособления. При этом уточняют размеры деталей, допуски соединений, пространственное расположение поверхностей и осей. Составляют кинематические, электрические, пневматические и т. п. схемы.

8. После отработки схемы приспособления выбирают и обосновывают параметр для расчета его на точность.

9. Выполняют расчет на точность приспособления по выбранному параметру, заканчивая его разбивкой значения расчетного параметра на допуски размеров приспособления, входящих в размерную цепь.

10. Выполняют силовой расчет и расчеты на прочность. Силовой расчет должен иллюстрироваться схемой с указанием сил обработки и зажима, реакций опор, сил трения, действующих моментов, плеч действия сил и других данных, необходимых для определения потребных сил зажима. Заканчивают силовой расчет расчетом зажимного устройства и привода приспособления. Для расчета на прочность выбирают одну-две наиболее

нагруженные детали приспособления. Расчет осуществляется по общепринятым методикам курсов сопротивления материалов и деталей машин.

11. Выполняют графическое оформление общих видов (сборочных) конструкции приспособления.

12. Окончательно отрабатывают конструкцию, графическое оформление рабочих чертежей общих видов или сборочных. На чертеже общего вида приспособления следует приводить: технические условия его сборки и эксплуатации с указанием точности в собранном виде по выбранным параметрам; обработки в сборе, для обеспечения заданной точности (в случае необходимости); виды покраски и других покрытий; периодичность контрольных осмотров и проверок точности; порядок и правила ухода за приспособлением (очистка, смазывание, замена элементов, хранение); требования к установке на станке и регулировке и др.

13. Выполняют технико-экономические расчеты целесообразности и эффективности применения (модернизации, замены) приспособления. Экономическое сравнение вариантов приспособления заканчивают расчетом годового экономического эффекта и срока окупаемости нового, более прогрессивного приспособления.

Конструкцию приспособления по принципиальной схеме, предложенной технологом, разрабатывает конструктор, специализирующийся по конструированию оснастки.

Конструирование приспособления проводят в следующей последовательности: вначале вычерчивают контур обрабатываемой детали в требуемом количестве проекций на таком расстоянии, чтобы осталось место для размещения на этих проекциях всех деталей и узлов приспособления. Вокруг контура детали вычерчивают базирующие элементы приспособления, а затем зажимные элементы приспособления, приводы зажимных элементов и вспомогательные элементы приспособления. Затем все эти элементы «объединяют» корпусом приспособления.

Полученную конструкцию приспособления вычерчивают в нескольких проекциях, дают необходимые размеры и сечения.

На рис. 9.1–9.6 в качестве примера приведена последовательность проектирования приспособления, служащего для закрепления заготовки на специальном двухшпиндельном станке для одновременного сверления отверстий диаметрами d_1 и d_2 в вале ступенчатом по чертежу (рис. 9.1).

В качестве технологических баз приняты цилиндрические поверхности А и В (двойная направляющая база, точки 1, 2, 3, 4), буртик вала (поверхность Г, опорная база, точка 5) и цилиндрическое отверстие (поверхность Д, опорная база, точка б) (рис. 9.2).

Установка заготовки осуществляется на две опорные призмы 1 и 2, с упором на торец призмы 1. Угловое положение детали определяется при помощи плавающего конического срезанного пальца 3. Точность относительного положения обрабатываемых отверстий обеспечивается кондукторными втулками 4 и 5 (рис. 9.3).

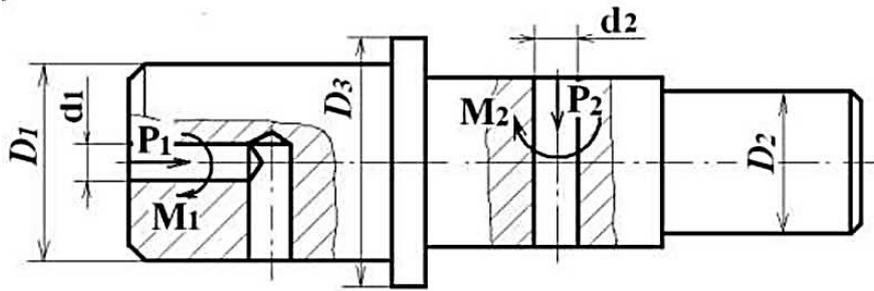


Рис. 9.1. Чертеж детали

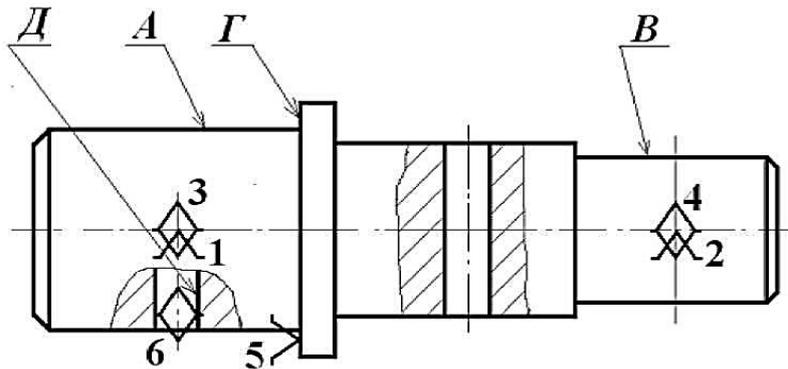


Рис. 9.2. Теоретическая схема базирования детали

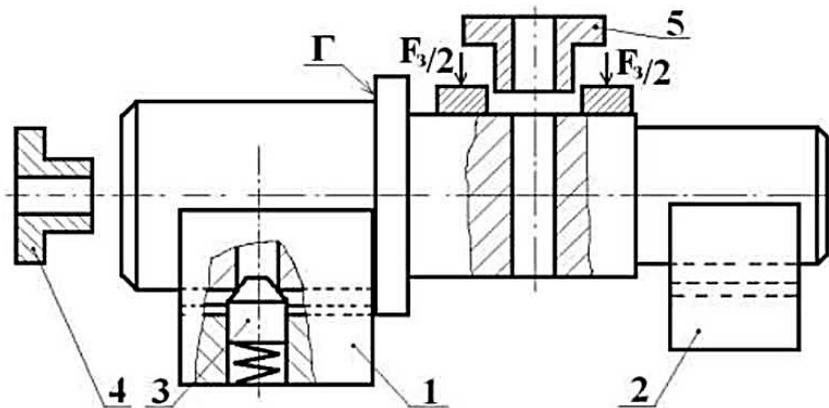


Рис. 9.3. Схема установки и закрепления детали

В качестве зажимного устройства использовано устройство, состоящее из рычажного и эксцентрикового механизмов с ручным приводом. Механизм вычерчивается относительно контура заготовки. Вычерчивается корпус приспособления. По полученному чертежу выполняется расчет на точность по выбранному параметру T_{Δ} (допуск расстояния от оси кондукторной втулки 5 до опорного торца призмы 1) (рис. 9.4).

Выполняется силовой расчет приспособления. Определяется необходимая сила зажима F_3 . Определяются геометрические параметры рычага и эксцентрикового механизма (рис. 9.5). Наиболее нагруженный элемент конструкции (шпилька) рассчитывается на прочность.

Разрабатывается эскизный сборочный чертеж приспособления (рис. 9.6).

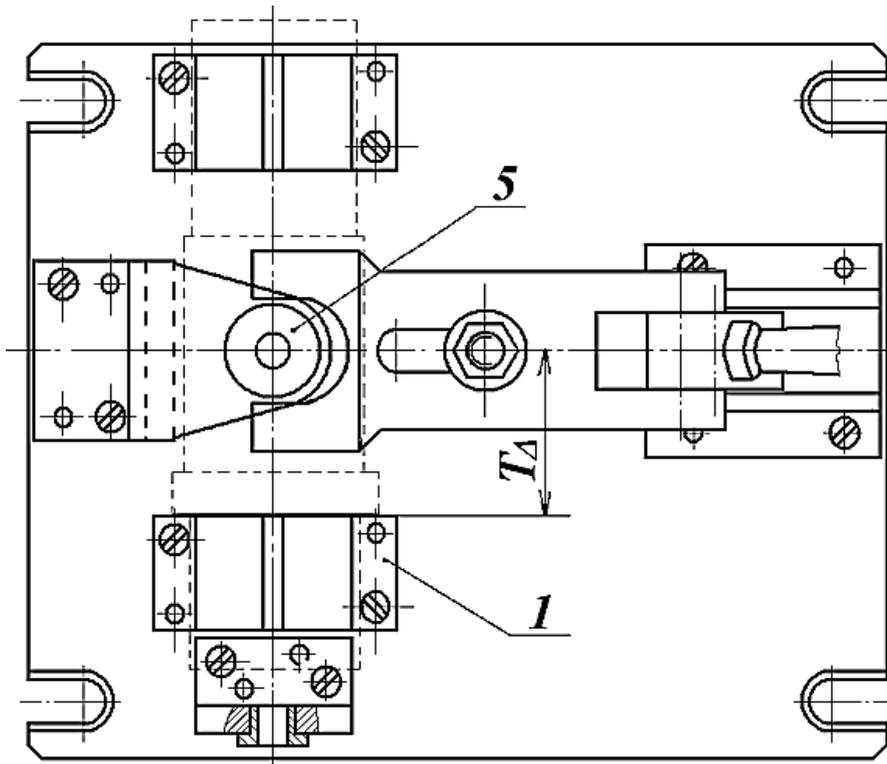


Рис. 9.4. Схема приспособления для расчета на точность

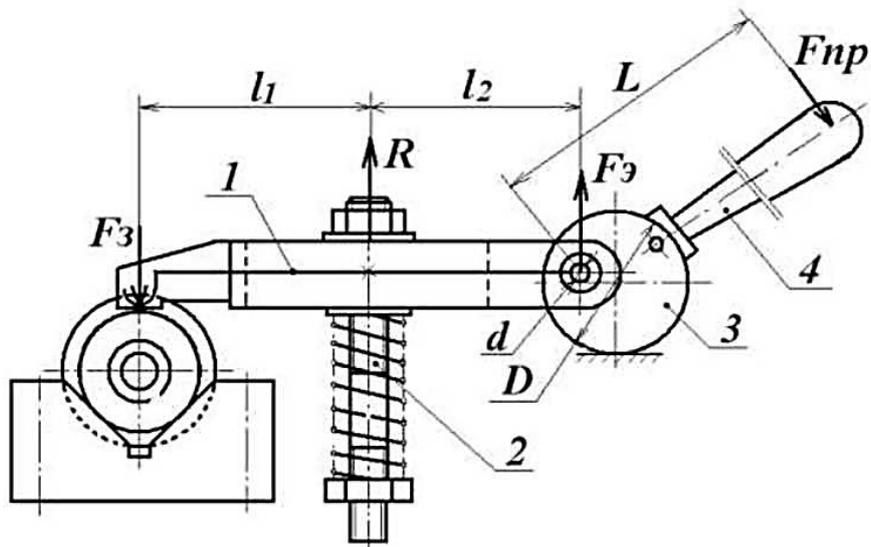


Рис. 9.5. Схема для расчета зажимного устройства:
 1 – прихват; 2 – шпилька; 3 – эксцентриковый кулачок; 4 – рукоятка

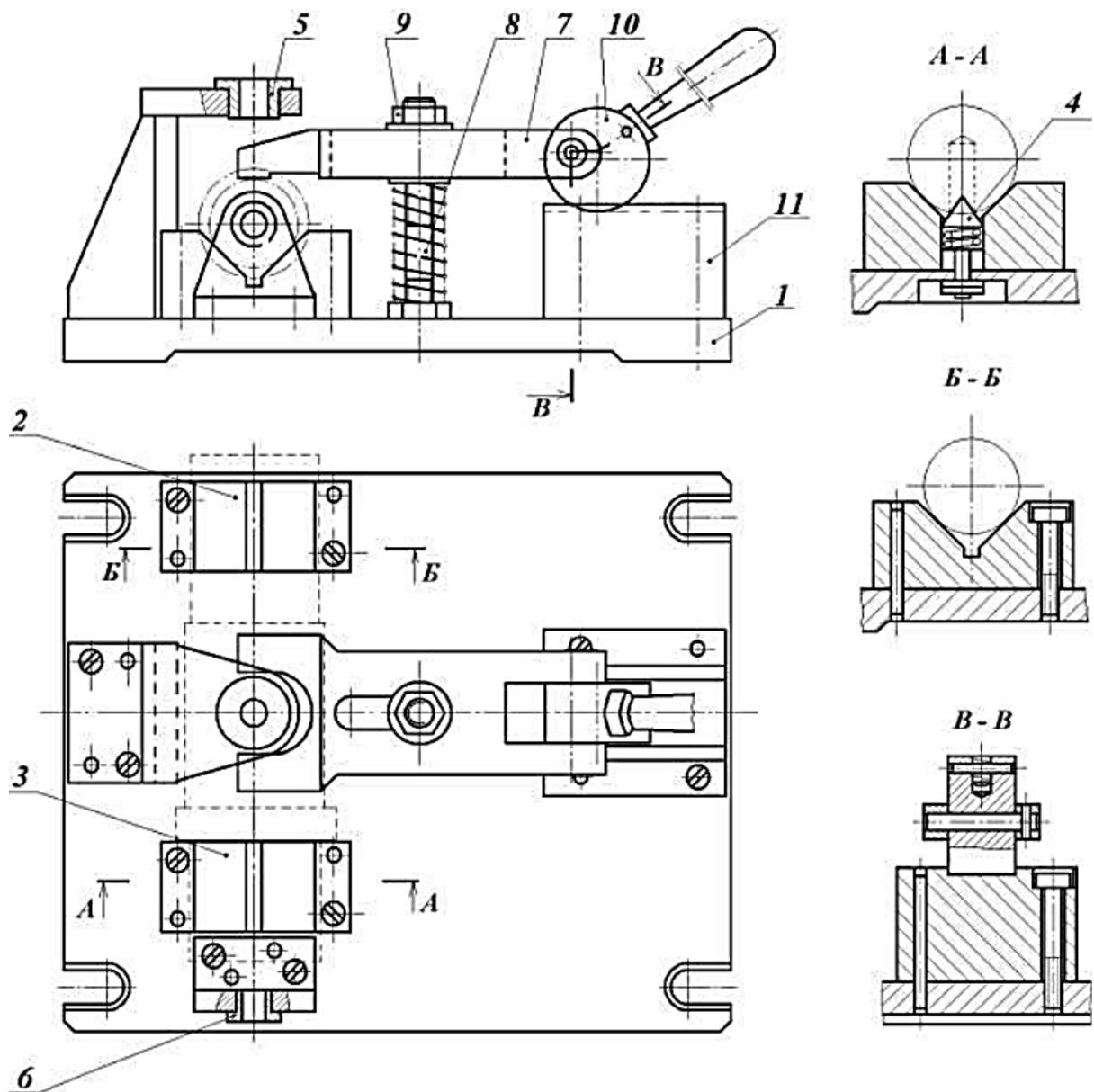


Рис. 9.6. Эскиз сборочного чертежа спроектированного приспособления:
 1 – корпус; 2, 3 – опорные призмы; 4 – палец; 5, 6 – кондукторные втулки; 7 – планка;
 8 – шпилька; 9 – гайка; 10 – эксцентриковый кулачок; 11 – опора эксцентрикового кулачка

Контрольные вопросы

1. Какова задача конструктора и технолога?
2. Какие исходные данные при проектировании приспособлений?
3. Какие исходные данные получают из паспорта станка?
4. Какие исходные данные получают из технологического процесса?
5. Из каких этапов состоит проектирование приспособлений?
6. С какой целью выполняется силовой расчет?
7. Как обеспечивается прочность конструкции при проектировании?

9. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В автоматизированном производстве точность изготовления деталей в основном зависит от точности станочных приспособлений, их способности сохранять точность в процессе формообразования детали, мест приложения и направлений усилий зажима и типов силовых механизмов [15].

9.1. Приспособления для станков с ЧПУ

Особенности станков с ЧПУ предъявляют к станочным приспособлениям специфические конструктивные требования.

Одной из основных особенностей станков с ЧПУ является их высокая точность. Приспособления к станкам с ЧПУ должны обеспечивать большую точность установки заготовок, чем приспособления к универсальным станкам.

Станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость. Следовательно, станочные приспособления для них не должны снижать жесткость системы СПИД при использовании полной мощности станков.

Поскольку при обработке на станках с ЧПУ программируемые перемещения станка и инструмента задаются от начала отсчета координат, приспособления должны обеспечивать максимально точную ориентацию заготовок относительно установочных элементов приспособления.

Для быстрой полной ориентации приспособлений на столах станков используются накладные плиты. Они являются универсальной базовой частью переналаживаемых приспособлений, а сменные наладки представляют собой универсальные установочные элементы приспособления.

С помощью накладных плит можно также быстро и точно установить на станке специальные приспособления: либо по трем штырям в «координатный угол», либо двумя пальцами приспособления в соответствующие отверстия накладных плит согласно карте наладки.

На координатных плитах можно крепить непосредственно установочные элементы для базирования заготовок, а также универсальные (тиски, патроны и т. д.) и специальные станочные приспособления.

Станки с программным управлением являются полуавтоматами, выгодно отличающимися от традиционных полуавтоматов тем, что обеспечивают возможность быстрого перехода с обработки одной партии деталей на другую с минимальным временем простоя станка. В связи с этим большое значение имеет сокращение простоев станков при их переналадке на обработку новых партий деталей, связанных с подготовкой приспособлений. Следовательно, конструкции приспособлений должны также обладать гибкостью, т. е. обеспечивать их быструю переналадку, ориентацию и закрепление на станке, а также легкое отсоединение и присоединение их пневмо- или гидросистемы к источнику давления.

Характерной особенностью применения станков с ЧПУ является увеличение технологических затрат на подготовку производства. В этом плане выгодно применять компоновки из заранее изготовленных унифицированных агрегатов, узлов и деталей или быструю переналадку заранее изготовленных установочно-зажимных приспособлений.

Следующей особенностью станков с ЧПУ является обработка максимального числа поверхностей с одной установки заготовки. Следовательно, приспособления должны быть спроектированы таким образом, чтобы установочные элементы и зажимные устройства не препятствовали подходу режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям заготовки, обеспечивая при этом ее закрепление без переустановки.

Возможность обработки на станках с ЧПУ, в особенности на многооперационных станках, большого числа поверхностей с одной установки резко сокращает число станочных приспособлений, необходимых для установки и закрепления заготовки при ее переустановке.

Упрощение конструкции и удешевление приспособлений наряду с резким сокращением их числа способствует уменьшению затрат на подготовку производства. Помимо этого сокращаются затраты на ремонт приспособлений и их хранение.

На станках с ЧПУ наиболее целесообразно применять системы переналаживаемых приспособлений, не требующих затрат времени и средств на их проектирование и изготовление.

Поскольку на многооперационных станках с ЧПУ обрабатывается максимально возможное число поверхностей с одной установки заготовки, наиболее эффективно менять заготовки в приспособлениях вне рабочей зоны станка, совмещая время на смену заготовки со временем работы станка. В этом случае следует применять маятниковый способ обработки, двухпозиционные поворотные накладные столы, а также универсально-наладочные угольники с двумя или четырьмя установочными поверхностями, располагаемыми на поворотных столах.

На многооперационных станках с ЧПУ при обработке заготовок корпусных деталей особенно эффективно применение двух приспособлений, устанавливаемых на переходных плитах-поддонах, обеспечивающих смену заготовок вне станка. Для станков с ЧПУ фрезерной, сверлильной и расточной групп наиболее часто используют системы приспособлений УБП, УНП, СНП, УСП и СРП, для многоцелевых станков – системы СРП и УСПО, а также модульные приспособления, состоящие из модулей – базовых плит и угольников, на которых komponуются модульные установочные и зажимные элементы.

9.2. Приспособления для обработки призматических деталей [1]

Для призматических деталей наиболее целесообразно использовать переналаживаемые системы СРП и УСПО, а также созданные на их базе различные специализированные системы.

В ГПС на базе многоцелевых станков с ЧПУ широко применяются приспособления, устанавливаемые или компокуемые на спутниках (палетах). При этом независимо от конфигурации и базовых поверхностей заготовки базирующие элементы спутников и базирующие устройства станков будут одинаковыми при базировании различных заготовок в приспособлениях, расположенных на спутниках. Это позволяет выполнить автоматическую смену различных приспособлений без участия человека. Заготовки на позиции загрузки-выгрузки закрепляются в приспособлениях, установленных на спутниках, и поступают для хранения на склад либо, исходя из требований сборки, автоматически поступают на станки в требуемой последовательности.

В условиях крупносерийного производства в ГПС возможно использование и системы НСП, но основание корпуса специального приспособления должно иметь унифицированные элементы сопряжения со спутником.

9.3. Приспособления для обработки цилиндрических деталей [1]

Наибольшее распространение для обработки деталей цилиндрической формы на станках с ЧПУ и многоцелевых модулях токарной группы получили следующие виды приспособлений:

а) поводковые патроны с плавающим центром, в том числе и самозажимные;

б) патроны с автоматически сменяемыми кулачками, которые представляют собой сменные наладки, используемые для заготовок с различной конфигурацией базовых поверхностей;

в) поводковые патроны (центры), передающие крутящий момент по торцу заготовки, в том числе самонастраивающиеся на передачу требуемого крутящего момента и реагирующие на его изменение в процессе обработки в широком диапазоне обрабатываемых диаметров.

Большинство патронов имеет механический привод перемещения кулачков для закрепления заготовки, использующий пневматику и гидравлику станка.

9.4. Приспособления для автоматических линий

На автоматических линиях находят применение два типа приспособлений: стационарные и приспособления-спутники.

Стационарные приспособления выполняют те же функции, что и обычные станочные приспособления. Тем не менее, их конструкция и устройство имеют специфические отличия.

Прежде всего, подача и установка заготовок в эти приспособления должны осуществляться простейшим движением транспортирующего устройства линии. Ввод заготовок в приспособления по сложным траекториям неудобен, так как это усложняет и удорожает линию. Например, устано-

вочные элементы приспособлений в виде опорных пластинок могут являться продолжением направляющих планок транспортирующего устройства и располагаются с ними на одном уровне. Для обработки корпусных деталей установочные элементы выгодно делать выдвижными.

Следует предусматривать автоматический контроль правильности положения заготовки с использованием различных датчиков, проверяющих положение заготовки по ее базовым дополнительным поверхностям.

Особое внимание уделяется очистке приспособлений от стружки путем создания наклонных стенок в корпусах приспособлений, а также известными способами ее принудительного удаления, например, обмывом СОЖ или кантованием стола станка.

Приспособления-спутники представляют собой устройства, которые сопровождают закрепленную в них заготовку по всем позициям автоматической линии. Приспособления-спутники применяют преимущественно для обработки заготовок сложной конфигурации, осуществляя принцип постоянства баз.

Приспособление-спутник в простейшем случае представляет собой плиту прямоугольной формы, которая последовательно перемещается по всей линии с помощью шагового или цепного транспортера. После прохождения линии спутники возвращаются в исходное положение.

Контрольные вопросы

1. Какие технические требования предъявляются к приспособлениям автоматизированного производства?
2. Какие приспособления применяются на станках с ЧПУ?
3. Чем отличаются приспособления для станков с ЧПУ от обычных станочных приспособлений?
4. Какие технические требования предъявляются к приспособлениям автоматических линий?
5. Какие приспособления применяются на автоматических линиях?
6. Каковы функции приспособлений автоматических линий?

10. СБОРОЧНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Узлы и машины собираются с помощью сборочных приспособлений, которые в отличие от сборочного инструмента и сборочного оборудования, непосредственно выполняющих требуемые соединения, служат для правильной установки и закрепления собираемых деталей.

Контрольные приспособления применяются для контроля деталей, промежуточного и окончательного контроля обрабатываемых заготовок, а также для проверки собранных сборочных единиц и изделий [16].

10.1. Сборочные приспособления

По степени специализации сборочные приспособления подразделяют на универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяют преимущественно в условиях единичного и мелкосерийного производств. К ним относятся плиты, сборочные балки, призмы и угольники, струбцины, домкраты и различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые захваты и др.). Плиты служат для установки, выверки и закрепления собираемых машин или отдельных узлов. Струбцины используют для временного скрепления деталей и узлов собираемых машин, а также для выполнения некоторых вспомогательных работ (правки, запрессовки, распрессовки и т. п.). В сборочных цехах тяжелого машиностроения применяют плиты, состоящие из пустотелых секций с ребрами жесткости, а также домкраты, служащие для выверки и поддержки громоздких и тяжелых деталей и узлов.

Специальные приспособления применяют в условиях крупносерийного или массового производства для выполнения определенных сборочных операций. По назначению различают два типа специальных приспособлений:

1. Приспособления для крепления базовых деталей и узлов собираемого изделия.
2. Приспособления для точной и быстрой установки соединяемых деталей и узлов.

Приспособления обоих типов могут быть одно- и многоместными, стационарными и подвижными. Подвижные приспособления применяются при большом выпуске мелких и средних узлов в условиях конвейерной сборки. Они характерны для сборки методом пайки и склеивания. Стационарные приспособления используются при узловой и общей сборке массивного изделия.

При выполнении сборочных работ используются также приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин-рессор, разрезных колец и т. д.) и для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил. Приспособления этого типа также облегчают труд сборщиков, повышают производительность труда.

Специальные сборочные приспособления состоят из корпуса и смонтированных на его основе установочных элементов, зажимных устройств. Назначение установочных и зажимных элементов то же, что и в СП.

К вспомогательным устройствам сборочных приспособлений относятся поворотные и делительные механизмы, фиксаторы, выталкиватели и другие элементы.

Методика конструирования сборочных приспособлений аналогична методике конструирования станочных приспособлений, но имеет некоторые специфические особенности. При конструировании сборочных приспособлений необходимо учитывать базирование сопрягаемых деталей. В зависимости от требуемой точности их взаимного положения в момент сборки и в готовом узле назначают допуски на размеры установочных и направляющих деталей сборочного приспособления на основе анализа размерной цепи данной технологической системы.

Особую специфику создают методы сборки, при которых детали узла подвергаются нагреву (сварка, пайка, склеивание с использованием клеев горячего отверждения). К приспособлениям, предназначенным для этих целей, предъявляются дополнительные требования. Наибольшая точность сборки получается в том случае, когда сопрягаемые детали ориентируются относительно друг друга по центрирующим элементам без зазора. В этом случае приспособление не влияет на точность сопряжения по их концентричности. В случае неподвижных соединений деталей, ориентируемых относительно друг друга с гарантированным зазором, наибольшее смещение в боковом направлении равно максимальному радиальному зазору. Применяя конические или разжимные направляющие элементы, можно это смещение свести к минимуму.

При отсутствии центрирующих элементов сборку узла ведут, совмещая установочные базы сопрягаемых деталей с теми поверхностями узла, по которым будет измеряться его заданный размер.

В приспособлениях для склеивания следует предусматривать периодическую очистку их деталей от накапливающихся следов клея.

10.2. Контрольные приспособления

Контрольные приспособления находят широкое применение для измерения деталей в процессе их обработки, при наладке станков и станочных приспособлений, для пооперационной и окончательной приемки деталей [16]. Потребность в контрольных приспособлениях особенно велика при изготовлении деталей с высокой точностью.

Далее рассмотрим назначение контрольных приспособлений и требования к ним.

Контрольные приспособления – специальные производственные средства измерения, представляющие собой конструктивное сочетание бази-

рующих, зажимных и измерительных устройств, которые могут быть классифицированы:

а) по габаритам и условиям работы (стационарные и накладные, одномерные и многомерные);

б) по принципу работы (со шкальными и бесшкальными измерениями);

в) по технологическому назначению (для приемочного контроля обработанных деталей, контроля правильности обработки деталей на станках и воздействия на технологический процесс, контроля правильности наладки станка и протекания процесса обработки).

Контрольными приспособлениями может проверяться точность выполнения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей и узлов машин.

Основные требования, предъявляемые к контрольным приспособлениям, определяются необходимостью обеспечения:

а) точности и производительности контроля;

б) удобства эксплуатации;

в) технологичности изготовления и износостойкости;

г) экономической целесообразности.

При проектировании контрольного приспособления должны быть всесторонне изучены условия, в которых оно будет применяться, важнейшим из них является обеспечение оптимальной точности измерения. Приспособления должны быть подчинены основной задаче производственного контроля – обеспечению возможности не только определения окончательной годности детали, но прежде всего предупреждения брака при требуемой производительности.

При проектировании приспособления самым важным является анализ погрешности измерения, присущей принятому методу контроля и конструкции контрольного приспособления. Вывод о правильности выбора конструктивной схемы приспособления делается по относительной, а не по абсолютной величине суммарной погрешности. При выборочном контроле требования к производительности контрольных приспособлений снижаются. При 100%-й проверке продукции контрольные приспособления должны иметь высокую производительность (механизированные, многомерные, со световой сигнализацией и контрольно-сортировочные полуавтоматы и автоматы).

Экономическая целесообразность применения контрольных приспособлений определяется рядом показателей:

а) повышением качества с одновременным снижением брака;

б) сокращением числа контролеров с одновременным снижением требований к их квалификации;

в) облегчением труда контролеров;

г) заменой субъективных процессов контроля более объективными контрольными приспособлениями.

Разработано много контрольных приспособлений, имеющих универсальное назначение, в том числе и для контроля параметров зубчатых колес.

Наибольшее число разрабатываемых специальных конструкций приспособлений предназначено для контроля расположения поверхностей.

Основные виды погрешностей контрольных приспособлений следующие.

Точность контрольного приспособления зависит от принятой схемы приспособления, метода измерения и точности изготовления его элементов. При его разработке необходимо определять погрешность измерения при выбранной схеме контроля, для чего следует проанализировать все погрешности, влияющие на точность измерения. Под погрешностью измерения следует понимать разность между показаниями контрольного приспособления и действительным значением проверяемой величины.

Общая погрешность измерения в приспособлении определяется погрешностями:

а) установки контролируемой детали в приспособлении, которая определяется значением погрешности базирования, погрешностью закрепления и погрешностью, вызываемой неточностью изготовления и износа элементов приспособления;

б) передаточных устройств приспособления;

в) эталонных деталей, служащих для настройки приспособления;

г) измерительного прибора;

д) условий измерения.

Теоретическая погрешность контрольного приспособления будет рассматриваться как сумма перечисленных погрешностей.

Действительное значение погрешности контрольного приспособления устанавливается в процессе его аттестации и может быть уменьшено до определенного предела при наладке, регулировке и юстировке. Погрешность измерения в приспособлении должна иметь, по возможности, небольшое значение. Однако чрезмерное повышение точности измерения может привести к усложнению и удорожанию приспособления и повышению трудоемкости измерения.

Расчет точности контрольного приспособления сводится к расчету или выбору по табличным данным первичных составляющих общей погрешности и сопоставлению полученного значения с допуском, которое определяется по ГОСТ 8.051-81 в зависимости от допуска на изготовление.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается особенность сборочных приспособлений?
2. Перечислите универсальные сборочные приспособления.
3. Как подразделяются контрольные приспособления?

11. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

11.1. Требования безопасности к приспособлениям [17]

1. Наружные элементы конструкций приспособлений не должны иметь острых углов, кромок и других поверхностей с неровностями, представляющими источник опасности, если их наличие не определяется функциональным назначением. Радиусы скругления и размеры фасок наружных поверхностей должны быть не менее 1 мм, если их размеры не оговорены особо.

2. Элементы приспособлений не должны препятствовать работе станка, ограничивать доступ к органам управления, создавать опасность работе станочника.

3. Конструкция приспособлений должна обеспечивать надежное и удобное соединение со станком и сменными наладочными элементами (при помощи болтов к станочным пазам, прижимных планок, винтов и т. п.).

Способ соединения должен исключать возможность самопроизвольного ослабления крепления и смещения приспособлений от его базирующих элементов в процессе эксплуатации.

Конструкция не устанавливаемых стационарно, перемещаемых и кантуемых во время эксплуатации приспособлений (кондукторов) должна:

– предусматривать наличие рукояток, скоб и других устройств, обеспечивающих ее надежное удержание рукой при выполнении отверстий диаметром до 6 мм;

– обеспечивать надежное механическое удержание при помощи упорных планок или других устройств от поворота и отрыва от поверхности стола станка при выполнении отверстий диаметром свыше 6 мм.

4. Приспособления, устанавливаемые на вращающихся базовых поверхностях станков (на концах шпинделей, на планшайбах, поворотных столах и др.), должны быть надежно ориентированы относительно оси их вращения.

После установки и закрепления радиальное биение наружного диаметра (контрольного пояса на наружной поверхности) приспособления не должно превышать значений, указанных ниже.

5. Параметр шероховатости наружных цилиндрических поверхностей вращающихся приспособлений (типа патронов и планшайб), применяемых на станках токарной и шлифовальной групп, должен составлять не более 2,5 мкм.

6. Вращающиеся приспособления, применяемые на станках токарной и шлифовальной групп, вызывающие вибрацию, приводящую к превышению значений уровня вибрации на рабочем месте – по ГОСТ 12.2.009-80 подлежат обязательной балансировке.

7. Балансировка вращающихся приспособлений должна производиться на специальных стендах, оснащенных средствами защиты работающих.

8. На вращающихся приспособлениях с механизированным зажимом заготовки должны быть четко выполнены нестираемые надписи, указывающие максимально допустимые для данного приспособления размеры закрепляемой заготовки, частоту вращения и обеспечиваемое зажимное усилие. При необходимости эти данные указывают для нескольких диапазонов.

9. Приспособления, устанавливаемые на оборудовании вручную без средств механизации, должны иметь устройства или поверхности, обеспечивающие безопасность и удобство их захвата, подъема, установки и снятия. Масса перемещаемого приспособления не должна превышать 16 кг. При использовании труда женщин, масса перемещаемого приспособления не должна превышать 15 кг, а при подъеме на высоту более 1,5 м – 10 кг.

10. Масса приспособления (при эксплуатации), кантуемого вручную или кантуемого вручную совместно с закрепленной в нем заготовкой, не должна превышать 16 кг.

11. Приспособления, имеющие массу, превышающую указанную в п. 9, 10, должны иметь устройства (рым-болты, цапфы и т. д.), обеспечивающие механизацию их перемещения и кантования или замену кантования поворотом и сохранение устойчивости при механизированном перемещении.

12. Конструкция приспособлений должна обеспечивать свободный выход стружки, сток смазочно-охлаждающей жидкости, а в случае необходимости иметь устройства для их удаления и обеспечивать возможность подвода дополнительного отсоса загрязненного воздуха непосредственно от зоны обработки.

13. При ручной установке и снятии заготовок конструкция приспособлений должна обеспечивать открытый доступ в зону базирования, исключающий возможность защемления рук. В приспособлениях должна быть устранена возможность самопроизвольного падения заготовок при их установке.

14. У приспособлений с механизированным (пневматическим, гидравлическим и т. д.) зажимом, для исключения возможности защемления рук, зазор между прижимом и заготовкой не должен быть более, как правило, 5 мм, или должны быть предусмотрены иные меры, обеспечивающие безопасность работ.

15. В приспособлениях, предназначенных для обработки заготовок массой свыше 10 кг, должна предусматриваться возможность свободного закрепления и съема стропов, клещей и других захватных устройств для перемещения заготовок при помощи грузоподъемных механизмов.

16. Конструкции приспособлений, имеющие перекрытия, препятствующие загрузке сверху заготовок массой более 10 кг, должны дополняться специальными устройствами для предварительной установки и перемещения заготовок в рабочую зону.

17. В случае, когда установка и снятие заготовок производится на работающей станке и ручная подача, установка, зажим и выгрузка заготовок

не исключают возможности травмы, эти процессы вне зависимости от массы заготовок должны быть механизированы.

18. Приспособления, предназначенные для обработки заготовок, форма, размеры и способ закрепления которых затрудняют их выемку после обработки, должны быть снабжены выталкивателями.

19. В конструкции станочных приспособлений должна быть предусмотрена возможность периодического смазывания всех трущихся поверхностей при помощи масленок, смазочных отверстий, каналов и т. п.

20. Масленки для смазки трущихся поверхностей и механических устройств приспособлений должны быть надежно закреплены и легко доступны.

21. Уплотнение краской, лаком и подобными средствами лючков, крышек и других устройств, периодически вскрываемых при регулировке и наладке, не допускается.

22. Части приспособлений, нагревающиеся в процессе эксплуатации свыше 45 °С, должны быть теплоизолированы или ограждены.

11.2. Требования к основным частям, элементам и приводам приспособления

1. Требования к механизмам зажима заготовок

1.1. Базовые и опорные поверхности конструкций приспособлений должны располагаться против направления сил резания.

1.2. Усилия механизмов зажима заготовок должны быть направлены на опорные поверхности.

1.3. Механизм зажима заготовок должен исключать самопроизвольный разжим заготовки при обработке.

В случае невозможности выполнения требований п. 1.3 и 1.2, направление усилия зажима и его значение должны обеспечивать сохранение положения заготовки при ее закреплении и в процессе обработки.

1.4. Расчетные усилия зажимных элементов приспособлений (если они не установлены стандартами, техническими условиями и эксплуатационной документацией) должны превышать максимальные силы резания не менее чем в 2,5 раза.

1.5. Зажимные рукоятки не должны создавать опасность травмы при работе станка, в противном случае их следует выполнять съемными, откидными и т. п. Усилия, прилагаемые к рукояткам ручного зажима, не должны быть направлены в зону обрабатываемого инструмента.

1.6. В винтовых зажимных устройствах рекомендуется применять высокие гайки для удобства захвата их ключом.

1.7. Для предотвращения изгиба винтовых приводных устройств (болтов, шпилек и т. п.) при зажиме заготовок следует применять самоустанавливающиеся шайбы и другие элементы.

1.8. Гайки-барашки и звездочки допускается применять при усилии зажима, не превышающем 100 Н (10 кгс).

1.9. Самотормозящиеся эксцентриковые быстродействующие устройства допускается применять при развиваемом расчетном усилии зажима, не превышающем 2200 Н (220 кгс). Усилия на зажимных рукоятках не должны превышать 100 Н (10 кгс). При частом использовании зажимных рукояток (чаще одного раза в минуту) – 50 Н (5 кгс). Усилие рывка в момент зажима или разжима не должно превышать 500 Н (50 кгс).

1.10. При одновременном закреплении нескольких заготовок зажим их должен быть одинаковым.

1.11. Сменные устройства, закрепляемые в открытых пазах (Т-образных, типа «ласточкин хвост» и др.) на вращающихся приспособлениях, должны иметь блокировку, не допускающую возможность их выпадения под действием центробежных сил.

2. Требования к органам управления оснасткой – по ГОСТ 12.2.009-80. Приведем некоторые из них.

2.1. Органы управления частями приспособлений, перемещающихся от ручного и механизированного приводов, должны иметь блокирующее устройство для автоматического отключения ручного привода при включении механизированного привода.

2.2. Высота от уровня пола (площадки) органов управления станочными приспособлениями (в том числе электрическими), находящихся в рабочем положении на станке, должна быть: при обслуживании стоя не ниже 1000 мм и не выше 1600 мм и при обслуживании сидя не ниже 600 мм и не выше 1200 мм.

2.3. Требования к контрольным и сигнальным устройствам, предупредительным надписям, таблицам и т. п. – по ГОСТ 12.4.026-76.

2.4. Направления движения рукояток органов управления должны соответствовать установленным требованиям по ГОСТ 12.2.009-80.

2.5. Конструкция и расположение органов управления должны исключать возможность произвольного и самопроизвольного включения и выключения.

3. Требования к пневмо- и гидроприводам зажимных устройств приспособлений принимаются по ГОСТ 12.2.040-79 и ГОСТ 12.2.101-84. Приведем некоторые из них.

3.1. Система пневмо- и гидропривода в зажимных устройствах приспособлений должна обеспечивать заданные значения зажимных усилий, безопасное закрепление и раскрепление заготовок, их надежное удержание во время обработки и при внезапном прекращении подачи сжатого воздуха или жидкости до полной остановки подвижных частей оборудования и приспособления.

3.2. Пневмо- и гидросистемы приводов должны быть оборудованы устройствами для: уменьшения уровня шума при выхлопе; защиты рабочей среды от загрязнений; защиты от повышения максимального допустимого давления; защиты от падения давления в рабочей полости цилиндра

при прекращении подачи или мгновенного падения давления рабочей среды; контроля давления рабочей среды.

3.3. Требования к сжатому воздуху, используемому в пневмосистемах, должны соответствовать ГОСТ 15608-81.

3.4. Корпуса кранов управления пневмо- и гидроприводов приспособлений должны иметь отличительную окраску.

3.5. Конструкция и расположение управляющих, регулирующих и контролирующих устройств, присоединяемых к энергоисточникам, должны обеспечивать надежную работу привода и его удобное и безопасное обслуживание.

3.6. Пневмо- и гидроприводы должны иметь паспорт, заполненный по ГОСТ 2.601-68.

3.7. Применение в системах пневмо- и гидроприводов элементов и устройств, не имеющих сертификата, подтверждающего их соответствие эксплуатационным условиям, не допускается.

4. Требования к магнитным и электромагнитным станочным приспособлениям. Приведем некоторые из них.

4.1. Конструкция приспособлений должна обеспечивать надежное крепление обрабатываемых заготовок из ферромагнитных материалов, при максимальном усилии резания. Удельная сила притяжения на полюсе и метод ее проверки должны соответствовать стандарту на эти приспособления и эксплуатационной документации.

4.2. Конструкция приспособлений должна обеспечивать полную их водонепроницаемость. Степень защиты – IPX7 по ГОСТ 14254-80.

5. Дополнительные требования к деталям и сборочным единицам универсально-сборных приспособлений (УСП) и универсально-сборной переналаживаемой оснастки (УСПО).

5.1. Гидравлические и пневматические устройства должны быть испытаны под давлением, в 1,5 раза превышающим номинальное, с выдержкой под давлением не менее 5 мин.

5.2. Проверка механизированных зажимных узлов проводится подключением указанного в эксплуатационной документации номинального рабочего давления к подготовленному к эксплуатации приспособлению с установленной в нем заготовкой.

5.3. Проверка зажимных немеханизированных деталей и сборочных единиц проводится нагрузкой, равной пробной нагрузке для соответствующей крепежной шпильки.

5.4. Проверка механизированных приспособлений проводится на участке УСП (УСПО) и после установки приспособления на станке при наладке на обработку первой заготовки.

6. Дополнительные требования к приспособлениям, применяемым на автоматических станках, и в том числе на гибких производственных модулях (ГПМ), робототехнических комплексах (РТК) и в гибких производственных системах (ГПС).

6.1. Конструкции оснастки и средств механизации к ней, устанавливаемые на оборудовании на длительный срок эксплуатации, должны обеспечивать проведение контроля: автоматической установки съемных наладочных частей приспособления; базирования и зажима устанавливаемой в приспособление заготовки; силы зажима заготовки перед началом и в процессе ее обработки на оборудовании.

6.2. Конструкции не устанавливаемых стационарно на оборудовании приспособлений-спутников, а также пневматических, пневмогидравлических и гидравлических приводов зажимных устройств в случае их работы на зажим устанавливаемых заготовок должны обеспечивать проведение контроля: автоматического базирования приспособления при его установке на оборудовании и усилия зажима заготовки перед началом и в процессе ее обработки на оборудовании.

7. Требования к электроприводу и электрооборудованию, к защите от поражения электрическим током, к местному освещению в соответствии с ГОСТ 12.2.009-80.

7.1. При наличии в конструкции приспособления электрооборудования все его металлические части (корпус, каркас блока, пульт управления и т. п.), которые могут оказаться под напряжением, регламентированным ГОСТ 12.2.007.0-75, должны быть оснащены устройством защитного заземления или соединения металлических частей с нулевым проводом.

7.2. Требования к защитному заземлению – по ГОСТ 21130-75, ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.1.030-81. Электрооборудование приспособлений должно быть оснащено защитой, исключающей независимо от положения органов управления самопроизвольное включение устройств и механизмов при восстановлении внезапно исчезнувшего напряжения в питающей сети.

7.3. Требования к блокировке электрооборудования станочных приспособлений – по ГОСТ 12.2.009-80. Остальные требования к электроприводу и электрооборудованию приспособлений – в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ).

8. Требования к местному освещению.

8.1. Устройства местного освещения приспособлений должны обеспечивать освещенность рабочих поверхностей.

8.2. Напряжение для питания устройств и светильников местного освещения, требования к устройствам, штепсельным разъемам, выключателям и цепям местного освещения приспособлений, – в соответствии с ГОСТ 12.2.009-80.

8.3. Требования к светотехническим изделиям, используемым в устройствах местного освещения приспособлений, – в соответствии с ГОСТ 7110-82 и ГОСТ 12.2.007.13-75.

11.3. Требования безопасности к транспортированию, сборке, ремонту и хранению

1. Требования к транспортированию.

1.1. Рым-болты для транспортирования приспособлений должны выбираться в зависимости от массы приспособлений и схемы строповки по ГОСТ 4751-73. Рым-болты и другие транспортные элементы, представляющие опасности при эксплуатации приспособлений, после установки приспособлений на станках должны быть сняты. Номенклатура и количество подлежащих съему транспортных элементов должны указываться на рабочих чертежах и текстовых документах на эксплуатацию и ремонт приспособлений.

1.2. Конструкция приспособлений должна обеспечивать безопасное складирование и транспортирование.

1.3. Для транспортирования приспособлений следует применять специальные устройства и грузоподъемные механизмы, тележки или другие средства транспортирования.

1.4. Захват патронов или других станочных приспособлений за выступающие кулачки и другие элементы, не предназначенные для восприятия усилий транспортирования, не допускается.

2. Требования к сборке.

2.1. В местах, где возможно самоотвинчивание гаек и винтов, должны быть установлены предохранительные средства (контргайки, шплинты и др.). Радиально направленные детали вращающихся приспособлений (оси, штифты, чеки, винты и т. д.) должны быть закреплены от смещения под действием центробежных сил.

2.2. Установку в приспособлении пружин сжатия с отношением $H/D > 2,5$ (где H – высота пружины, D – наружный диаметр) необходимо осуществлять на оправках, в специальных гильзах и т. п.

2.3. Выступание штифтов над поверхностью соединяемых деталей не допускается. Выступание концов винтов и шпилек над гайкой не должно превышать 0,5 диаметра резьбы.

3. Требования к ремонту и хранению.

3.1. Ремонт и техническое обслуживание приспособлений на работающих станках не допускаются.

3.2. Приспособления должны храниться на стеллажах, в шкафах, размеры и конструкции которых должны обеспечивать соблюдение всех требований безопасности складирования и хранения грузов.

Для хранения тяжелой станочной оснастки должны быть предусмотрены места преимущественно на нижних полках.

11.4. Контроль выполнения требований безопасности

1. Контролю выполнения требований безопасности должны подвергаться вновь изготовленные, модернизированные и прошедшие ремонт приспособления в процессе приемочных, приемо-сдаточных, периодических испытаний по ГОСТ 15.001-73 и других видов испытаний.

Виды испытаний определяются в соответствии с ГОСТ 16504-81 и требованиями, указанными в конструкторской документации на оснастку.

2. Объем испытаний и контроля должен устанавливаться в стандартах и нормативно-технической документации на конкретный вид приспособления.

Контрольные вопросы

1. Перечислите требования безопасности, предъявляемые к приспособлениям.

2. Каковы требования к механизмам зажима заготовок?

3. Каковы требования безопасности к органам управления?

4. Требования безопасности, предъявляемые к пневмо- и гидроприводам зажимных устройств приспособлений.

5. Каковы требования безопасности к магнитным и электромагнитным станочным приспособлениям?

6. Требования к приспособлениям, применяемым на автоматических станках, и в том числе на гибких производственных модулях (ГПМ), робототехнических комплексах (РТК) и в гибких производственных системах (ГПС).

7. Каковы требования безопасности к средствам защиты, входящим в конструкции приспособлений?

8. Перечислите требования к местному освещению.

9. Требования к транспортированию.

10. Каковы требования к сборке приспособления?

12. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Все разновидности станочных приспособлений могут быть разделены и сгруппированы по различным признакам и характеристикам. Одной из них, например, является группировка в зависимости от назначения и вида обработки для:

- токарных, шлифовальных и внутришлифовальных станков;
- сверлильных и расточных станков;
- фрезерных станков;
- зубофрезерных станков;
- протяжных станков;
- доводочных станков;
- фасонной обработки;
- многоцелевых станков с ЧПУ;
- агрегатных станков и автоматических линий.

Каждая из этих групп может иметь свои особенности, преимущества и недостатки, а также делиться на различные подгруппы по другим классификационным признакам.

12.1. Приспособления для токарных и шлифовальных станков

К группе приспособлений для токарных и шлифовальных станков относятся патроны, планшайбы, люнеты и др.

Патроны служат, как правило, для закрепления коротких заготовок по наружной или внутренней поверхности. По типу приводов их делят на ручные и механизированные, по числу кулачков – на двух-, трех-, четырехкулачковые и более; по типу центрирования – на универсальные, специальные, самоцентрирующиеся и с независимым перемещением кулачков; по конструкции – на клиновые, рычажно-клиновые, рычажные, специальные, винтовые и спирально-реечные.

Планшайба представляет собой диск, устанавливаемый на центрирующие элементы шпинделя станка. На диске монтируют зажимные устройства.

Люнеты – дополнительные устройства (опоры), необходимые для увеличения жесткости при обработке длинных заготовок. Люнеты бывают неподвижными и подвижными.

Рассмотрим некоторые конструкции.

Спирально-реечные патроны

Спирально-реечные патроны используют в своей основе спирально-реечные механизмы.

Принципиальная схема такого патрона приведена на рис. 12.1.

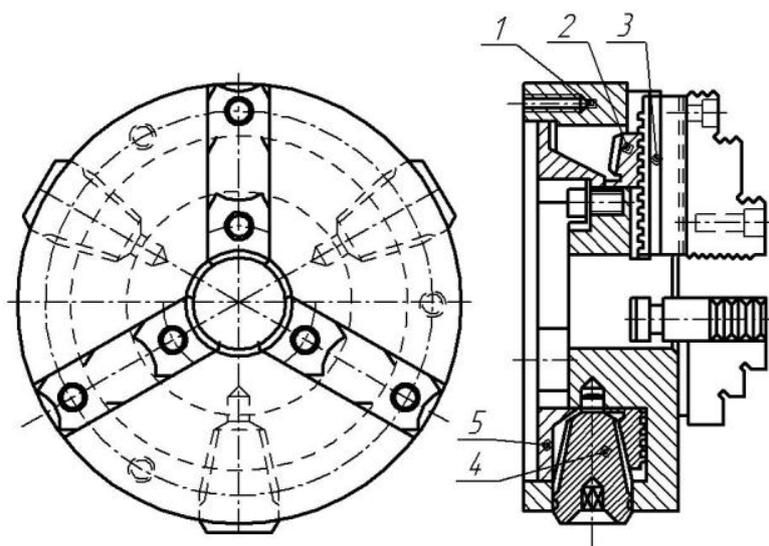


Рис. 12.1. Спирально-реечный патрон

В корпусе *1* патрона установлен диск *2*, имеющий с одной стороны спиральную нарезку, с помощью которой происходит зацепление между диском и рейкой кулачков *3*, с другой стороны – коническую шестерню, с которой входят в зацепление три конических колеса *4*, вмонтированных в радиальные отверстия корпуса. Крышка *5* лишает диск *2* осевых перемещений и предохраняет механизм патрона от попадания стружки и грязи. При вращении одного из колес *4* кулачки через спираль диска получают одновременное движение к центру или от него.

Конструкции таких патронов стандартизованы ГОСТ 2675-90.

Клиноплунжерные патроны

В клиноплунжерных патронах используются клиноплунжерные механизмы. Они предназначены для токарной обработки и центрирования как по внутренней, так и наружной цилиндрической поверхностям. Упрощенная схема патрона приведена на рис. 12.2.

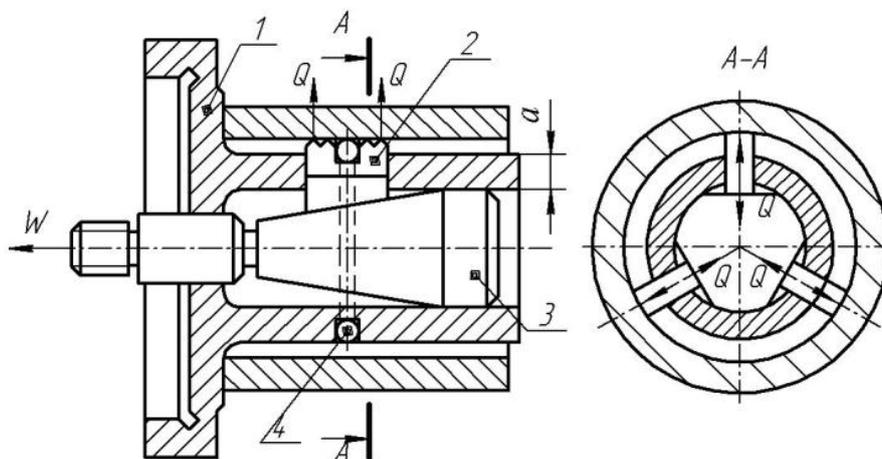


Рис. 12.2. Клиноплунжерный патрон

Три плунжера 2, расположенные под углом 120° друг к другу, перемещаются в трех радиальных пазах корпуса 1. Перемещение плунжеров осуществляется клином 3, имеющим соответственно три клиновых скоса. Клин 3 соединен со штоком силового привода.

При движении клина 3 влево плунжеры расходятся, центрируя и закрепляя заготовку. При движении клина 3 вправо плунжеры сходятся к центру под действием усилия сжатия пружины 4.

Погрешность центрирования в клиноплунжерных механизмах составляет $0,2-0,5$ мм. Поэтому патроны с такими механизмами обычно применяют для установки по черным базам на черновых операциях. Токарные патроны с клиноплунжерными кулачками выполняют по ГОСТ 16886-71.

Клиношариковые патроны

Клиношариковые патроны применяют в приспособлениях токарных и шлифовальных станков при базировании по внутренней и наружной цилиндрической поверхности. Принципиальная схема патрона для центрирования по наружному цилиндру приведена на рис. 12.3.

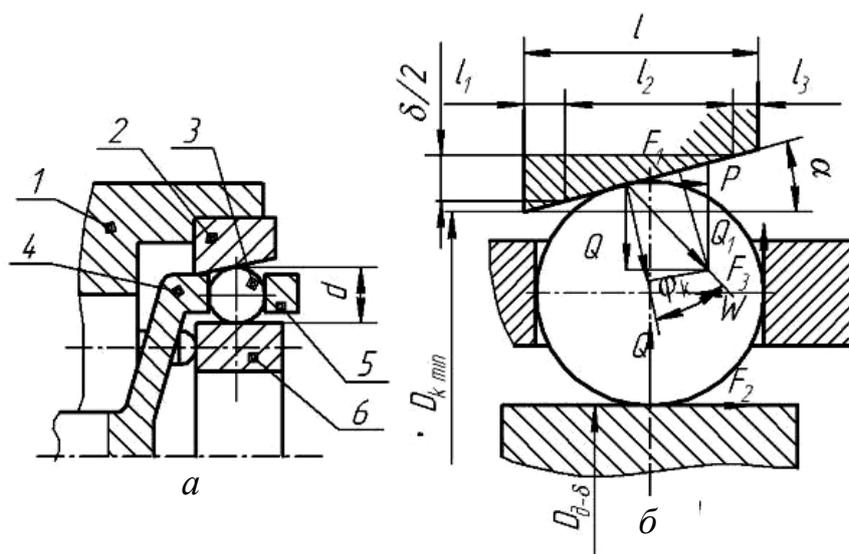


Рис. 12.3. Клиношариковый патрон

В корпус патрона 1 запрессована конусная втулка 2, по конусу которой перекатываются шарики 3, расположенные в сепараторе 4. От выпадения шарики предохраняет шайба 5. При движении обоймы под действием силы привода влево шарики подобно плунжерам смещаются к центру, центрируют и зажимают заготовку 6.

Достоинствами такого механизма по сравнению с клиноплунжерным являются:

- уменьшение потерь на трение в направляющих шарика;
- повышение точности центрирования за счет уменьшения числа кинематических звеньев (шарики вместо центрального клина и плунжеров) и повышенная точность при их изготовлении (подшипники качения);

– значительная сила зажима Q (рис. 12.3, б), возникающая из-за большого передаточного отношения. Однако так как величина используемой при нормальной работе силы Q зависит от площади контакта между шариками и заготовкой (точка), то силы ограничивают в связи с возможностью пластической деформации рабочих поверхностей.

Клиношариковые механизмы в основном применяют на операциях с небольшими силами резания. Широкое распространение шариковые патроны получили на операциях окончательного шлифования базовых отверстий зубчатых колес. На этих операциях обеспечиваются высокая соосность зубчатого венца и отверстия за счет установки зубчатого колеса по эвольвентным поверхностям зубьев.

Принципиальная схема такого центрирования приведена на рис. 12.4.

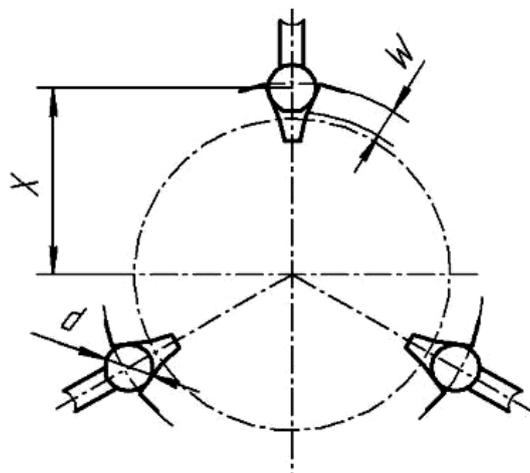


Рис. 12.4. Принципиальная схема центрирования

Точку касания роликов с поверхностью зубьев располагают на расстоянии $w = 1-2$ мм от окружности выступов, чтобы ошибки по шагу меньше влияли на точность установки. Угол конуса α выбирают в пределах $5-10^\circ$.

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

Рычажные и клиновые патроны [1]

В рычажных патронах используют рычажные центрирующие механизмы, установочно-зажимными элементами являются сами рычаги или кулачки, которые получают перемещение от рычагов.

На рис. 12.5 приведена схема рычажного самоцентрирующего патрона.

В патроне кулачки 1 получают перемещение от рычагов 5, поворачивающихся вокруг осей 4, которые установлены неподвижно в корпусе 3. Рычаги 5 получают перемещение от муфты 6, соединенной со штоком пневмоцилиндра. В крышке 2 корпуса приспособления имеется три радиальных паза, расположенных под углом 120° друг к другу, по которым перемещаются кулачки 1. При движении муфты 6 влево поворачиваются ры-

чаги 5, которые перемещают кулачки 1 к центру (вниз). Происходит зажим заготовки. При движении муфты вправо заготовка открепляется.

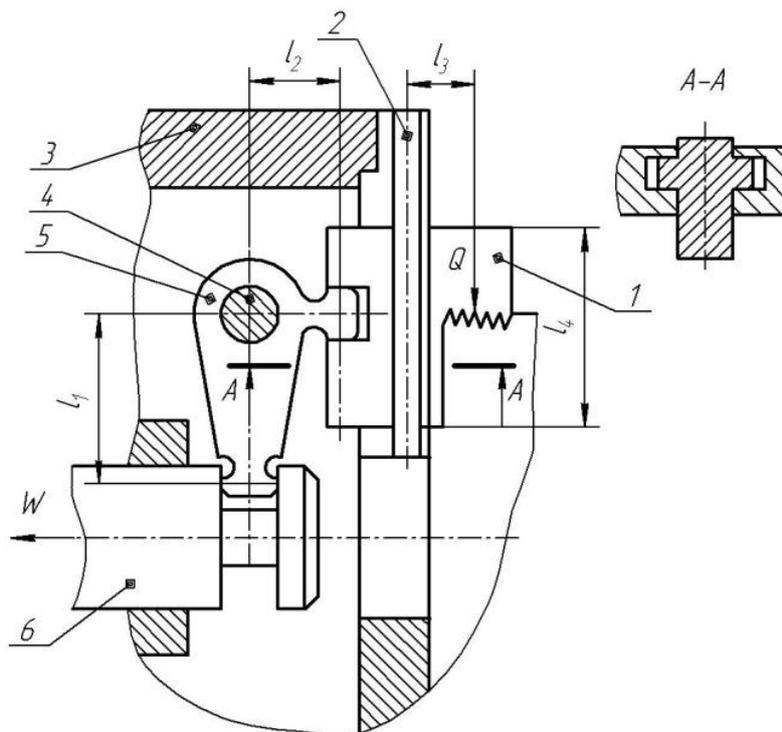


Рис. 12.5. Схема рычажного самоцентрирующего патрона

Рычажный механизм способен развивать достаточно большую силу зажима. Погрешность центрирования такого механизма составляет 0,1–0,3 мм. Поэтому рычажные патроны используют на черновых и получистовых операциях.

Патроны могут выполняться в разных конструкторских исполнениях. *Исполнение 1.* Трехкулачковый рычажный патрон (рис. 12.6).

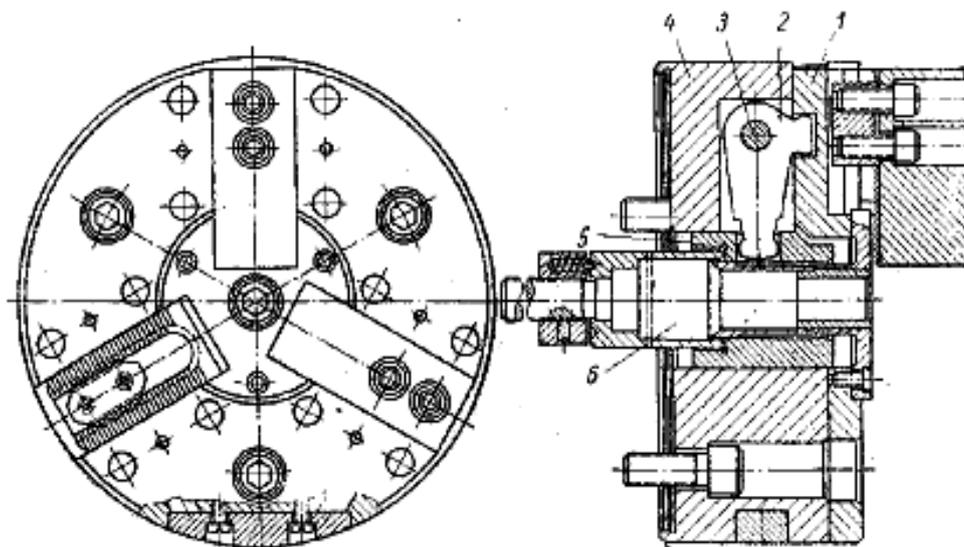


Рис. 12.6. Трехкулачковый самоцентрирующий рычажный патрон

Механизм зажима трехкулачкового самоцентрирующего рычажного патрона (рис. 12.6) состоит из центральной втулки 5, рычага 2, сидящего на оси 3 в корпусе патрона 4, и основного кулачка 1, установленного в Т-образных пазах корпуса. Для увеличения силы, передаваемой от привода, соотношение плеч рычага выбирают не менее чем 3:1. Движение от привода передается тягой, связанной с винтом 6.

Исполнение 2.

Рычажно-клиновой патрон (рис. 12.7) отличается от рычажного патрона тем, что деталь зажимается при помощи рычага 1. Освобождают деталь при помощи гайки 2, которая укреплена на конце втулки 3. Гайка 2 имеет три скоса под углом 15° , которые образуют клиновые пары со скосами основных кулачков 5.

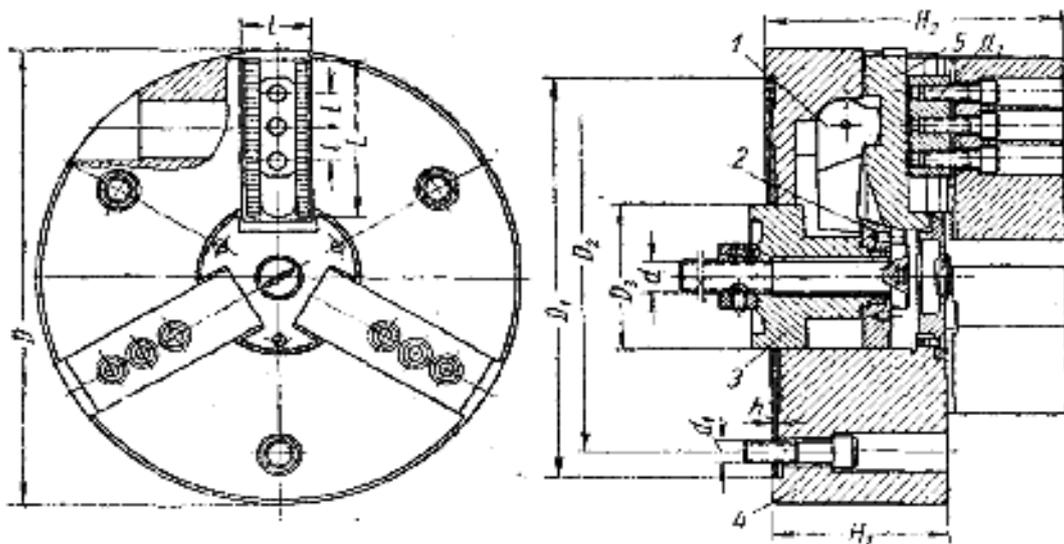


Рис. 12.7. Трехкулачковый рычажно-клиновой патрон

Рычаги 1 имеют шлифованные опорные поверхности, которыми они упираются в полуцилиндрические поверхности А, имеющиеся в корпусе патрона 4. Такая установка рычагов увеличивает жесткость патрона по сравнению с рычажным патроном, в котором рычаги посажены на осях.

Размеры рычажно-клиновых патронов нормализованы.

Исполнение 3. Клиновой патрон.

Более высокую точность центрирования заготовки, чем рычажные механизмы, обеспечивают клиновые центрирующие механизмы.

Принцип действия клиновых патронов основан на одновременном перемещении кулачков патрона с помощью осевого движения втулки, которая имеет три клиновых паза, сопрягающихся с клиновыми пазами на внутренних концах кулачков. Большая поверхность контакта прямолинейных клиновых пазов кулачка с пазами втулки обеспечивает высокую точность движения кулачков и ее сохранение при эксплуатации.

Одна из конструкций клинового быстропереналаживаемого патрона типа ПБК показана на рис. 12.8.

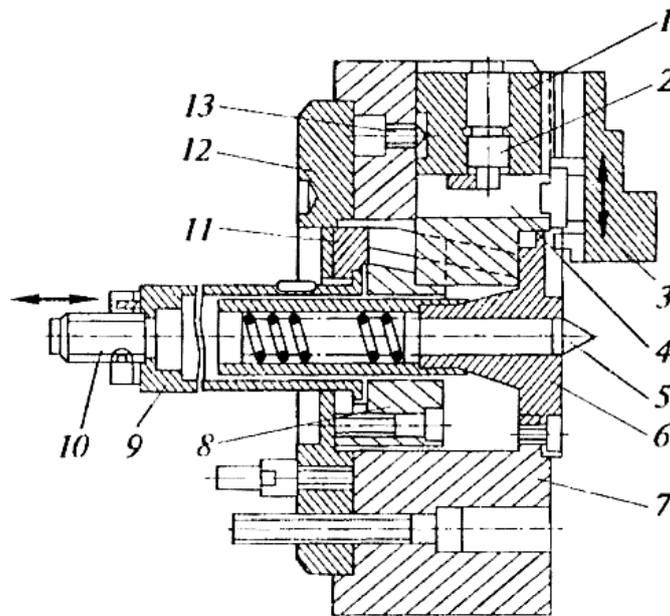


Рис. 12.8. Клиновой патрон

Кулачки 4 перемещаются с помощью втулки 8. Быстрая переналадка каждого из кулачков 3 на требуемый размер производится при повороте винта 2 на 90° с помощью ключа. На части окружности винта резьба срезана, поэтому кулачок расцепляется с винтом и может быть легко заменен или передвинут в пазах корпуса 7 в радиальном направлении на необходимую величину. В рабочем положении винт удерживается шариковым фиксатором 13. Для отсчета положения кулачка на торце корпуса патрона нанесены кольцевые риски. Переналадка всех трех кулачков на другой диаметр закрепляемой заготовки занимает не более 2 мин.

Закрепление заготовки осуществляется с помощью гидравлического или пневматического привода, размещенного на заднем конце полого шпинделя и связанного штоком 10 с патроном. При осевом движении клина три основных кулачка 4 и связанные с ними кулачки 1 перемещаются в радиальном направлении и зажимают заготовку.

Основная область применения клиновых патронов – в станках с ЧПУ, на которых обрабатываются небольшие партии деталей и важна быстрая переналадка патрона.

Максимальная тяговая сила на штоке до 50 000 Н.

Особенностью конструкции этого патрона является его жесткость, а также износостойкость, которая достигается контактом рабочих поверхностей (головки и основных кулачков) по плоскостям с равномерно распределенным давлением. Патрон широко применяют при любых условиях работы.

Исполнение 4.

Клиновой патрон (рис. 12.9) дает возможность пропустить пруток через шпиндель станка.

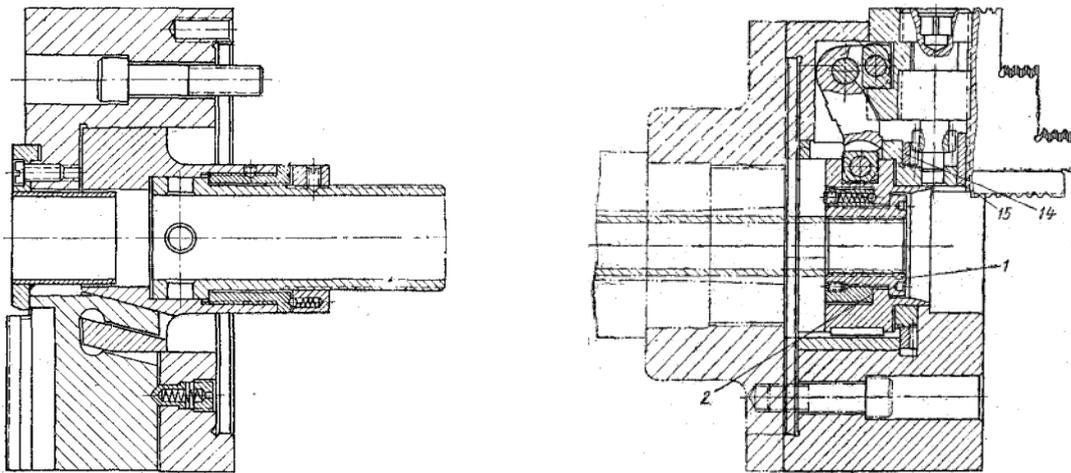


Рис. 12.9. Трехкулачковый клиновой патрон, позволяющий обрабатывать прутковый материал

Универсальный рычажный трехкулачковый патрон (рис. 12.9) имеет две независимые кинематические цепи: одну для зажима заготовки с помощью привода, а другую – для ручной переналадки кулачков.

Тяга от привода ввернута в гайку 1, которая закреплена в центральной втулке 4 гайкой 2 с шариковым фиксатором 3. При перемещении центральной втулки 4 в осевом направлении рычаг 6 поворачивается на оси 7 в корпусе патрона 8, передвигая при этом своим коротким плечом вкладыш 10 в пазу корпуса в радиальном направлении. Вместе с вкладышем двигается винт 11, установленный в цилиндрических расточках вкладыша, следовательно, основной кулачок 12, сцепленный с винтом, перемещается в Т-образных радиальных пазах корпуса. Таким образом осуществляется закрепление и освобождение детали. Передаточное отношение плеч рычага 1 : 3. Контакт на рабочих поверхностях создается с помощью сухарей 5 и 9, установленных на осях в рычаге.

Основными недостатками всех указанных конструкций патронов являются:

1) малый ход кулачков, вследствие чего без переналадки нельзя нажимать обрабатываемые детали, значительно отличающиеся по диаметрам. Эти патроны можно использовать только при серийном и крупносерийном производствах;

2) у патронов большинства конструкций (за исключением исполнения 4) отсутствуют отверстия для прохода прутка.

При мелкосерийном и особенно при индивидуальном производствах время переналадок существенно влияет на величину штучного времени тем более, что для получения требуемой точности центрирования детали после переналадки дополнительные кулачки приходится протачивать.

Центробежно-инерционные приводы

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

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

На рис. 12.10 показана схема центробежно-инерционного привода 1. Грузы 2 надеты на большие плечи рычагов 5, меньшие плечи связаны с тягой 6, пропущенной через полость шпинделя 7. Сам привод закреплен на заднем конце шпинделя 7. При вращении шпинделя 7 грузы расходятся, поворачивая рычаги вокруг осей 4, при этом тяга 6 перемещается и приводит в действие зажимной механизм, установленный на переднем конце шпинделя станка. Возвращение грузов и раскрепление заготовки производится пружинами 3. Регулирование силы зажима производится перемещением грузов по рычагам.

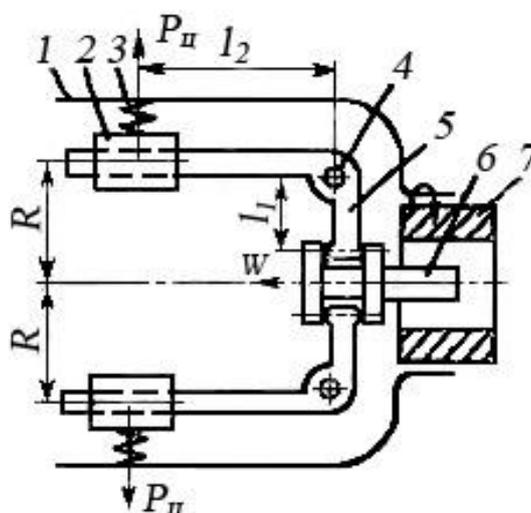


Рис. 12.10. Центробежно-инерционный привод

Вакуумные приводы

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

На рис. 12.11 показаны схемы вакуумных зажимных устройств. Заготовку 1 устанавливают на приспособление 2, из полости А отсасывается воздух (рис. 12.11, а).

Для уменьшения времени срабатывания объем этой полости должен быть минимальным. Атмосферное давление прижимает заготовку к корпусу. Для обеспечения герметичности в системе установлено уплотнение из резинового шнура.

При установке тонкостенной заготовки чистой шлифованной базой допускается применение приспособлений без уплотнений. В этом случае на установочной плоскости 1 делается ряд мелких, тесно расположенных отверстий, через которые отсасывается воздух и происходит многоточечный прижим заготовки 1 к установочной плоскости 2 (рис. 12.11, б).

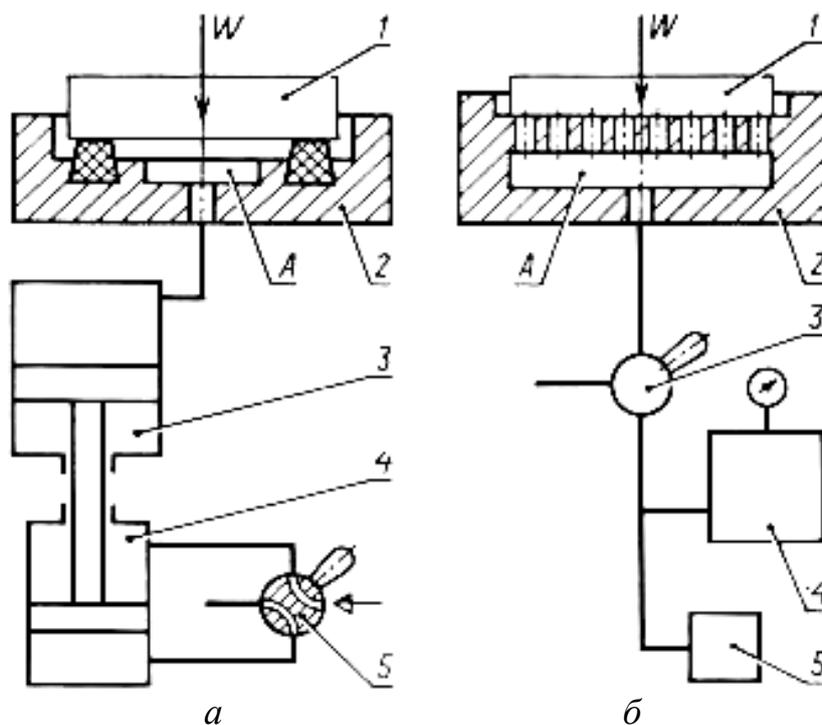


Рис. 12.11. Вакуумные приводы

Магнитный привод [1]

Это устройство для использования магнитной энергии для совершения механической работы, например, при закреплении заготовки. Источниками магнитного поля могут быть электромагнитные катушки и постоянные магниты.

Приспособления с магнитным приводом могут использоваться в качестве установочно-зажимных, грузозахватных, приспособлений для сварочных работ и т. п.

Для управления зажимом в приспособлениях используются механические устройства (рис. 12.12).

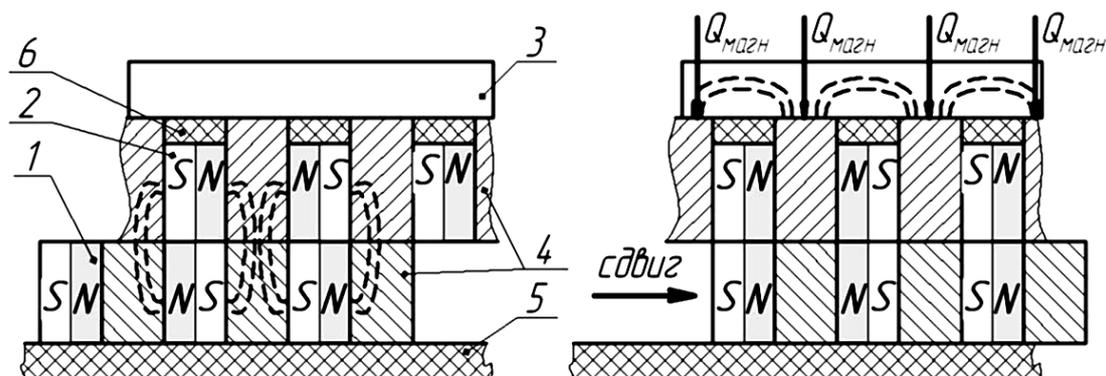


Рис. 12.12. Принцип действия зажима с постоянными магнитами:
 1 – подвижные магниты; 2 – неподвижные магниты; 3 – деталь; 4 – вставки из магнитомягкого материала; 5, 6 – вставки из немагнитного материала

При выключенном зажиме магниты подвижного и неподвижного блоков расположены так, что магнитный поток от полюсов магнитов 1 и 2 замыкается через вставки 4, поэтому на деталь не действует сила притяжения. При смещении подвижного блока 1 вправо полюса магнитов занимают такое положение, что замыкание магнитного потока возможно только через закрепляемую деталь, в результате чего она и фиксируется.

Электромагнитный привод (рис. 12.13).

При отключенной катушке 2 магнитный поток $\Phi_{\text{магн}}$ от магнита 3 через металлические вставки 2 замыкается через деталь. При включении катушки в магнитопроводах наводится поток $\Phi_{\text{кат}}$, направленный противоположно $\Phi_{\text{магн}}$, это позволяет снять деталь с приспособления с минимальным усилием.

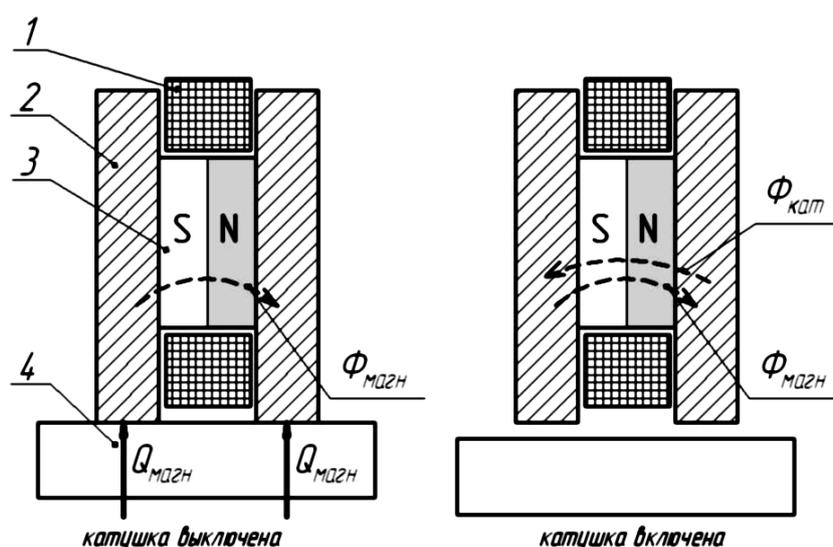


Рис. 12.13. Управление магнитным зажимом с помощью катушки:
1 – катушка; 2 – магнитопроводы; 3 – постоянный магнит; 4 – заготовка

Электростатический привод основан на взаимодействии разноименно заряженных частиц. Сила притяжения заготовки зависит от площади контакта с плитой (рис. 12.14) или плоскостью патрона, а также от шероховатости ее нижней (базовой) поверхности.

Плиты этого типа обеспечивают давление на рабочих поверхностях $P_{\text{ст}} = 0,5\text{--}0,6$ МПа. Это позволяет обрабатывать заготовки чистовым шлифованием. Базовая поверхность заготовки должна иметь шероховатость $Ra \leq 2,5$ мкм. В качестве СОТС обычно применяют трансформаторное масло.

На электростатических плитах можно закреплять заготовки как из токопроводящих (магнитных и немагнитных), так и из токонепроводящих материалов (пластмасса, керамика, стекло). В последнем случае на базовую и торцовую поверхности контакта наносят токопроводящее покрытие (полимерные лаки холодной сушки с добавлением 5–7 % ламповой сажи).

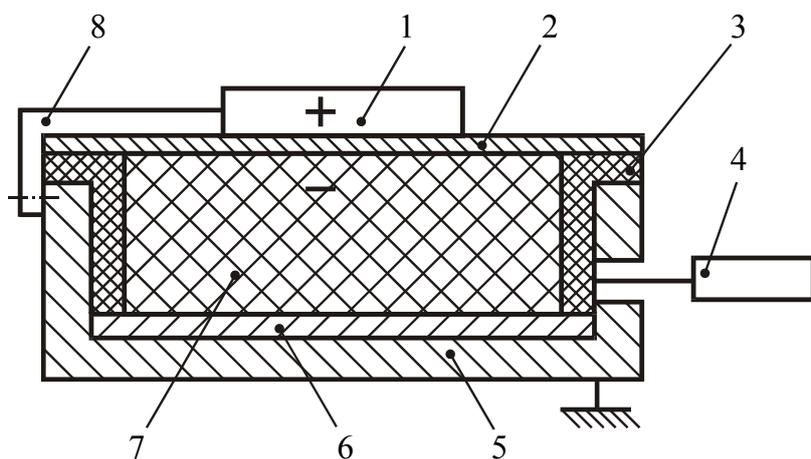


Рис. 12.14. Электростатическая плита:

1 – заготовка; 2 – рабочая поверхность плиты; 3 – изолирующая заливка; 4 – блок питания (3000В); 5 – корпус; 6 – электрод (фольгированный стеклотекстолит); 7 – полупроводящее тело; 8 – контактная планка

Электромеханический привод

Привод представляет собой электромоторное устройство с муфтой та- рирования крутящего момента. Эти приводы используют в приспособле- ниях станков токарно-револьверной группы, агрегатных станков, в каче- стве приводов винтовых зажимов приспособлений-спутников автоматиче- ских линий. Схема такого привода приведена на рис. 12.15.

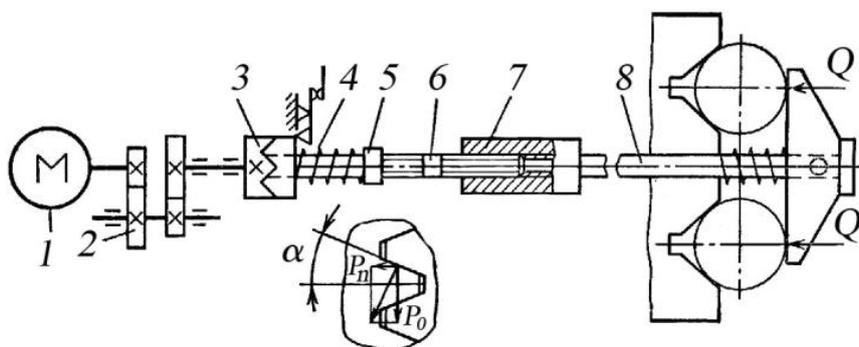


Рис. 12.15. Электромеханический привод

От электромотора 1 через редуктор 2, кулачковую муфту 3 вращение передается на винт 6, который перемещает гайку 7 с тягой зажимного ме- ханизма 8. При достижении на заготовках необходимой силы зажима пра- вая половина муфты 3 останавливается и отжимается вправо, сжимая пру- жину 4. Концевой выключатель отключает двигатель. Величину исходной силы на тяге 8 можно регулировать, изменяя предварительную затяжку пружины гайкой 5. Задавая момент M , который должна передать муфта 3 для получения необходимой силы W , можно определить силу предвари- тельной затяжки пружины. $\alpha = 30-45^\circ$ – угол скоса зубьев муфты.

Открепление заготовки осуществляется при реверсировании электромотора 1.

Приводы с механизмами с упругодеформируемыми элементами

Наибольшую точность центрирования для окончательной обработки на шлифовальных, доводочных станках дают механизмы, установочные, элементы которых объединены в одну деталь и перемещаются в пределах ее упругой деформации. Такие механизмы можно изготовить с высокой точностью и обеспечить точность упругого перемещения отдельных частей. Эту группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся цанговые и мембранные патроны и патроны с гидропластовым механизмом.

Цанги

Цангами называются разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать заготовки по внешней и внутренней поверхностям.

Цанговые механизмы используют для центрирования и зажима пруткового материала разного профиля и отдельных заготовок.

На рис. 12.16 приведена конструкция цангового патрона для центрирования по наружному диаметру с тянущей цангой (применяются для закрепления штучных заготовок).

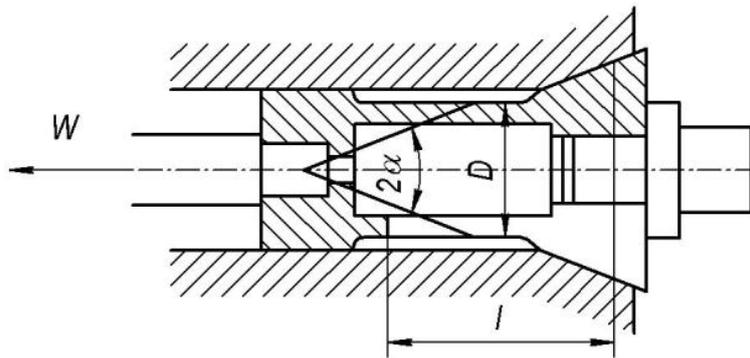


Рис. 12.16. Конструкция цангового патрона с тянущей цангой

На рис. 12.17 – с толкающей цангой (применяются для закрепления пруткового материала).

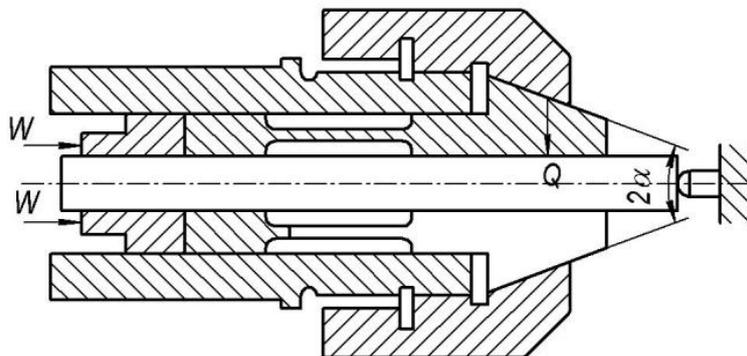


Рис. 12.17. Конструкция цангового патрона с толкающей цангой

Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения при продольном движении цанги за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса.

Так как радиальные перемещения всех лепестков цанги происходят одновременно и с одинаковой скоростью, то механизм приобретает свойство самоцентрирования.

Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра d и профиля зажимных заготовок (рис. 12.18). При $d < 30$ мм цанга имеет три лепестка, при $30 < d < 80$ мм – четыре, при $d \geq 80$ мм – шесть.

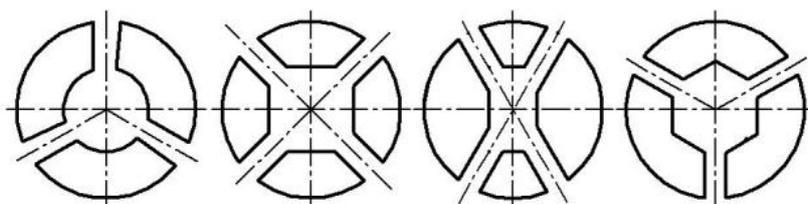


Рис. 12.18. Конструкции лепестков цанг

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это определяет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки, который должен быть выполнен не грубее 9 квалитета.

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

Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,05–0,1 мм.

Мембранные механизмы и патроны

Мембранные механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и т. п. Основной деталью такого механизма является мембрана.

Применяют мембраны трех основных видов: рожковые, чашечные, кольцевые. Наиболее точными являются рожковые и чашечные. В схеме на рис. 12.19 обрабатываемая деталь I зажимается внутренними силами упругости мембраны 2 посредством ее кулачков 3 . Сила тяги W разводит кулачки при откреплении детали I .

Силовой расчет такого механизма проводится, рассматривая мембрану как круглую, заделанную по контуру пластинку, нагруженную равномерно распределенным по окружности расположению кулачков изгибающим моментом. Конструкции и основные параметры мембранных патронов приведены в ГОСТ 21277 – 1279-75. Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы.

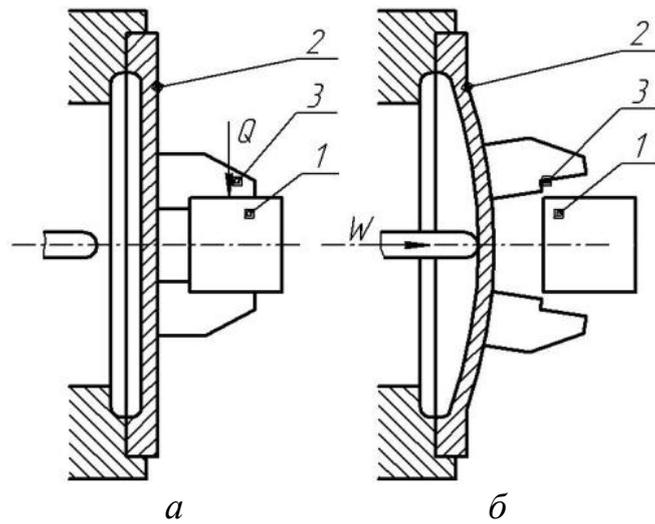


Рис. 12.19. Схема работы мембранного патрона

Чашечные и рожковые мембраны изготавливают из сталей 65Г, У10А, 30ХГС и подвергают термообработке до твердости HRC 40–45

Патроны с рожковыми и чашечными мембранами могут обеспечить точность центрирования 0,003–0,005 мм.

Кольцевые мембраны и схема патрона на основе механизма

Кольцевые мембраны применяются в случаях, когда при значительных нагрузках они должны иметь малые габариты. Эти мембраны обычно применяют в виде пакетов.

На рис. 12.20, а показана кольцевая мембрана, на рис. 12.20, б схема механизма с двумя пакетами мембран.

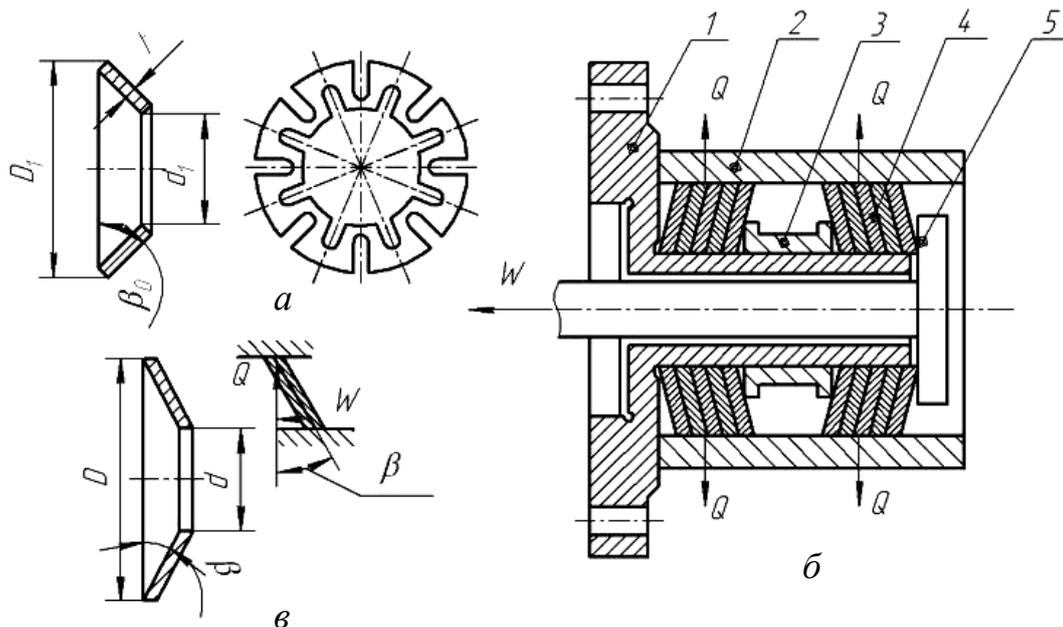


Рис. 12.20. Кольцевые мембраны и схема патрона на основе механизма

На корпус *1* надеты два пакета мембран *4*, между которыми расположена втулка *3*. Если стержень *5* будет перемещаться влево, то пакеты сплющиваются, увеличиваются в диаметре и деталь *2* центрируется и зажимается.

Диаметры колец могут увеличиваться на 0,15–0,4 мм в зависимости от размера. Базирующие поверхности – 7–11 квалитета. Точность центрирования может быть в пределах 0,01–0,03 мм.

На рис. 12.20, в рассмотрены параметры, необходимые для определения нужной величины осевой силы тяги *W* мембраны в конечном положении.

Патроны с гидропластом (гидропластмассой)

Широкое распространение получили упругие патроны с использованием гидропластмассы. На рис. 12.21 показана схема такого механизма.

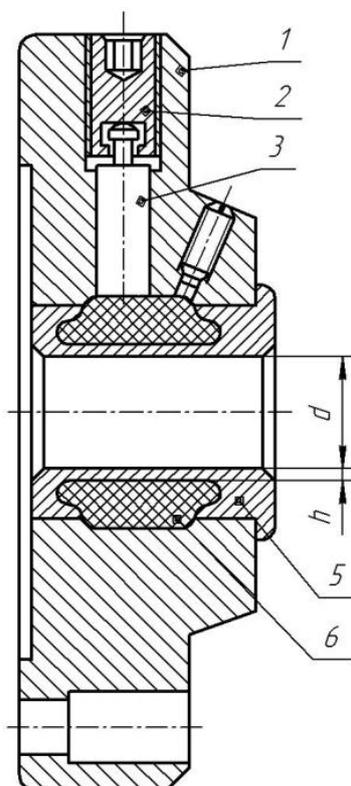


Рис. 12.21. Патрон с гидропластом (гидропластмассой)

В корпусе *1* запрессована тонкостенная втулка *5*. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластмассой *6*. Винтом *2* через плунжер *3* на гидропластмассу действует давление *p*. Это давление деформирует тонкостенную часть втулки, которая центрирует и зажимает заготовку.

Такие патроны применяют для центрирования заготовок как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Точность базовых поверхностей закрепляемых деталей должна быть не ниже 7–9 квалитета. Погрешность центрирования 0,01 мм.

При проектировании механизмов с гидропластом рассчитывают параметры упругих тонкостенных втулок; размеры нажимных винтов и плунжеров у приспособлений с ручным приводом; размеры плунжеров, диаметр цилиндра и ход поршня у приспособлений с механизированным приводом.

Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А, 30ХГС, которые подвергают термообработке до твердости HRC 35–40.

12.2. Приспособления для сверлильных и расточных станков [1]

Приспособления для сверлильных и расточных станков составляют до 20 % общего парка станочных приспособлений. К ним относятся машинные тиски с различными приводами, призмы, угольники, кондукторы, поворотные столы и т. п. Конструкции сверлильных приспособлений различаются устройством кондукторных плит и положением, которое занимает заготовка в процессе обработки. Исходя из этого, различают приспособления стационарные, передвижные, опрокидываемые и поворотные.

Под стационарным приспособлением понимают приспособление, которое при обработке в нем заготовки остается неподвижным.

Опрокидываемые сверлильные приспособления – кондукторы, которые в процессе сверления отверстий, расположенных в разных плоскостях, приходится поворачивать вместе с заготовкой для совмещения осей кондукторной втулки и режущего инструмента.

Поворотные приспособления (рис. 12.22) применяют для обработки заготовок, имеющих большое число отверстий, расположенных по окружности.

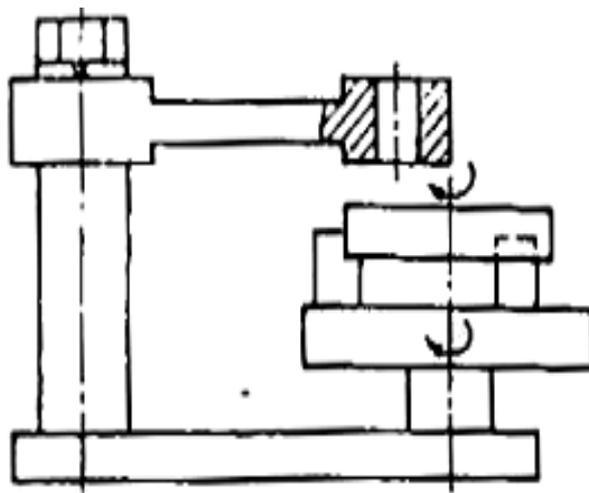


Рис. 12.22. Схема поворотного приспособления для сверления

У всех этих приспособлений, кроме стационарных, имеется один недостаток: затрачивается дополнительное время на перемещение и кантование (поворот заготовки), что увеличивает оперативное время, а значит, и трудоемкость изготовления деталей.

Для устранения этого недостатка применяют многошпиндельные сверлильные головки, которые подразделяют на специальные и универсальные (рис. 12.23). У специальных головок расстояние между шпинделями остается неизменным, положение инструмента менять нельзя.

Универсальные многошпиндельные головки служат для обработки системы отверстий с различными расстояниями между их осями. Их отличительная черта – возможность регулирования расстояния между шпинделями в небольших диапазонах (рис. 12.23, б).

На обычных сверлильных и расточных станках, и особенно с ЧПУ, в мелко- и среднесерийном производстве получили распространение стандартизованные системы УНП, УСП и др.

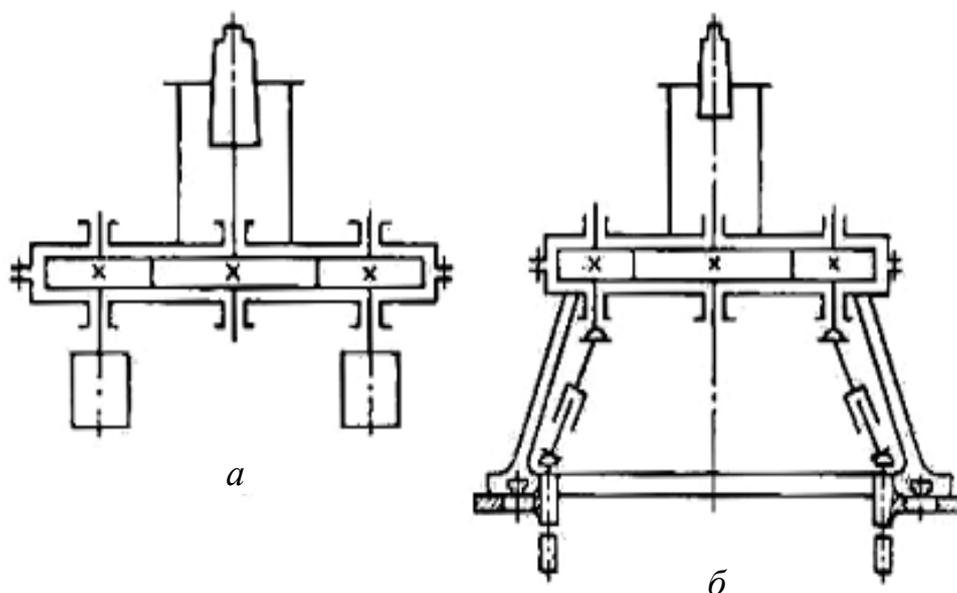


Рис. 12.23. Многошпиндельные сверлильные головки:
а – специальная; б – универсальная

12.3. Приспособления для фрезерных станков [1]

На фрезерных станках широко применяют стандартизованные приспособления: машинные тиски (с различными зажимами и приводами) для обработки различных по форме и размерам заготовок; делительные головки и поворотные столы.

Особенностью приспособлений является высокая жесткость корпусов и конструкции в целом. Это обусловлено тем, что резание – прерывистый процесс, а также тем, что более высокая жесткость дает возможность лучше гасить вибрации.

Применяют также приспособления для непрерывного фрезерования и специальные многоместные с параллельной, последовательной и параллельно-последовательной схемами обработки. Приспособления часто выполняют переналаживаемыми, со сменными наладками. Как для обычных станков, так и для станков с ЧПУ также широко применяют стандартизированные

системы. Делительные головки используют для установки и периодического поворота небольших заготовок. Заготовки устанавливают в центрах, цанговых или кулачковых патронах, закрепляемых на шпинделе головки. Головки выполняют с горизонтальной или вертикальной осями вращения.

Поворотные столы применяют для непрерывного или позиционного фрезерования плоских поверхностей.

В единичном производстве используют универсальные приспособления. Приведем пример некоторых конструкций.

Винтовые тиски

Принципиальная схема винтового самоцентрирующего механизма приведена на рис. 12.24 в виде универсальных самоцентрирующихся тисков.

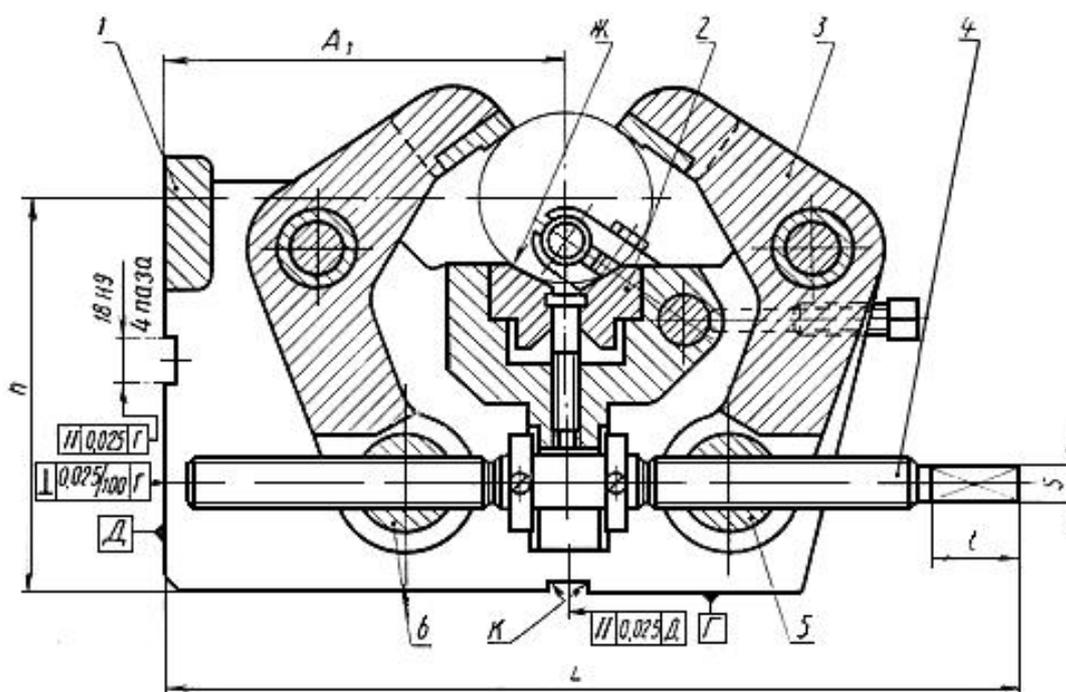


Рис. 12.24. Универсальные самоцентрирующиеся тиски

Принцип самоцентрирования обеспечивается находящейся в корпусе 1 деталью 4 в виде двух винтов с левой и правой резьбой, соединенных между собой. При повороте детали 4 относительно оси по часовой стрелке, гайки 5 и 6 будут перемещаться от центра. В результате рычаги 3, соединенные с гайками и закрепленные на осях, повернутся к центру встречным движением и закрепят деталь на призме 2. Открепление детали производится вращением детали 4 относительно оси против часовой стрелки.

Винтовые самоцентрирующие механизмы имеют большую погрешность центрирования (0,3–0,5 мм). В то же время с помощью этого механизма можно создать большую силу зажима, легко скомпоновать с механизированным приводом, поэтому их широко применяют на черновых и получистовых операциях.

Тиски на основе реечно-зубчатого механизма

Реечно-зубчатые механизмы используют в тисках вместо винтовых для обеспечения встречного перемещения призм. Пример таких тисков приведен на рис. 12.25.

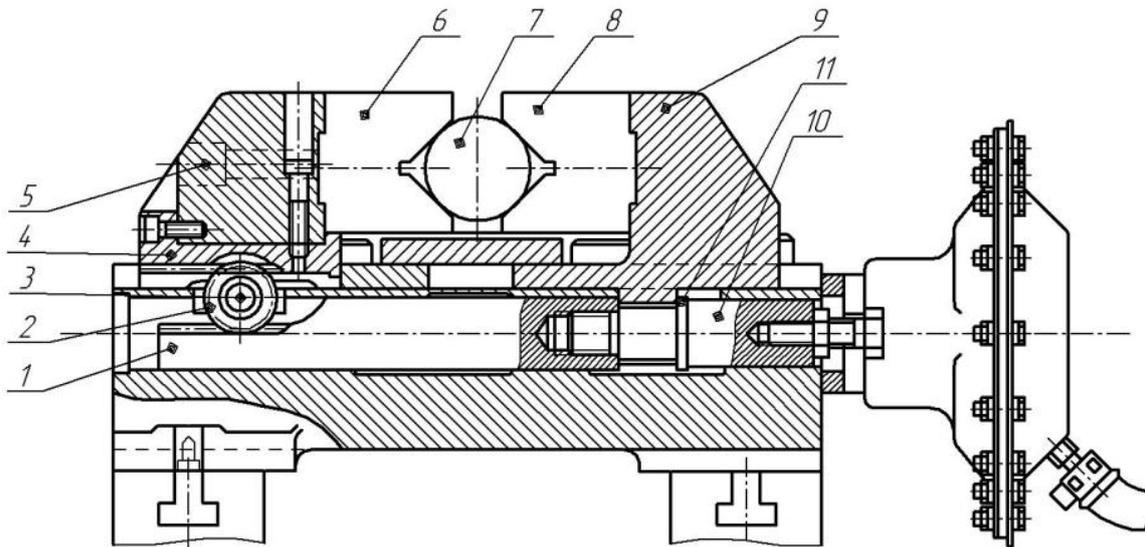


Рис. 12.25. Тиски на основе реечно-зубчатого механизма

Рейка 4 прикреплена к ползуну 5, а рейка 1 связана со штоком 10 привода. При перемещении штока влево он буртиком 11 толкает ползун 9 в том же направлении, а рейка 1 поворачивает зубчатое колесо 2, вращающееся на неподвижной оси 3. Это колесо перемещает рейку 4 и ползун 5 вправо. Призмы 6 и 8, укрепленные на ползунах, получая встречное движение, центрируют и закрепляют заготовку 7.

Механизм зубчатое колесо – рейка в силовой цепи обладает передаточным отношением $i = 1$, т. е. сила штока привода без изменений (кроме потерь на трение) передается на заготовку.

Тиски используют на операциях, не требующих сил зажима, превосходящих силу на штоке привода. Погрешность центрирования этих механизмов сопоставима с погрешностью винтовых механизмов.

12.4. Приспособления для зубообрабатывающих станков

Конструкция приспособлений для зубообрабатывающих станков определяется схемой базирования, которая зависит от конструкции заготовки. Основное назначение зажимных приспособлений – очная и стабильная фиксация зубчатого колеса во время нарезания зубьев. Поэтому приспособления должны быть достаточно жесткими, должны иметь высокую точность поверхностей, образующих комплект баз при базировании (шейки, торцы, отверстия и т. п.), не следует допускать смещения заготовки относительно центрирующих элементов; приспособления должны быть прос-

тыми, удобными для установки и снятия заготовки и быстродействующими (сокращается вспомогательное время).

Основной особенностью приспособлений является применение в них разжимных центрирующих элементов (чаще для беззазорного центрирования) и зажима заготовки.

Приспособления для шевингования, хонингования и шлифования зубчатых колес характеризуются простотой и являются универсальными нормализованными или типовыми. Как правило, это патроны, центра, втулки, оправки. Основная особенность приспособлений – в них выполняется беззазорная установка заготовок.

12.5. Приспособления для обработки фасонных поверхностей

Для обработки фасонных и сложнопрофильных поверхностей применяют приспособления, отличительной особенностью которых является наличие копиров. Назначение копиров – направлять режущий инструмент относительно заготовки для получения заданной траектории его движения. Обработку с помощью приспособлений с копиями производят на фрезерных, токарных, расточных, шлифовальных и других станках. Использование специализированных станков (копировально-фрезерных и станков с ЧПУ) позволяет обрабатывать фасонные поверхности с применением обычных установочно-зажимных приспособлений. Не исключено применение стандартных систем УНП, УСП и др.

12.6. Приспособления для многоцелевых станков, агрегатных станков и автоматических линий

В связи с широким внедрением в промышленность прогрессивного металлорежущего оборудования – станков с ЧПУ, в том числе многоцелевых, станков фрезерно-сверлильной, фрезерно-сверлильно-расточной и других групп, а также агрегатных станков и автоматических линий значительно возросли требования к технологической оснастке.

Многоцелевые станки, применяемые в мелко- и среднесерийном производстве, оснащают УНП и УСП, а в крупносерийном производстве – СНП и СРП.

Основные требования, предъявляемые к таким приспособлениям, следующие: высокая точность и жесткость; полное базирование заготовок в приспособлении и самого приспособления на станке; возможность обработки максимального числа поверхностей с одного установа заготовки; быстрая переналадка и быстрота зажима-разжима заготовки. В настоящее время на станках с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы и многоцелевых применяют комплект системы.

Целесообразность использования УНП в конкретном производстве должна быть экономически обоснована. Правильное решение вопросов осна-

щения станков с ЧПУ прогрессивными приспособлениями и другой оснасткой позволяет получить максимальный эффект от внедрения этих станков.

Отличительной чертой прогрессивных приспособлений для обработки заготовок на агрегатных станках является то, что в них можно обрабатывать несколько заготовок несколькими инструментами. Такие приспособления, как правило, оснащают быстродействующими пневматическими или гидравлическими зажимными механизмами. Они имеют жесткие корпуса, снабжены устройствами для быстрой переналадки.

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 приспособления применяются для автоматических линий?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабулов, М. Э. Машинасозлик технологик воситалари. Олий ўқув юртлари учун дарслик / М. Э. Кабулов, К. Ж. Маткаримов. – Ташкент : «Ношир», 2020. – 564 б.
2. Андреев, Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе; под ред. Ю. М. Соломенцева. – 3-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2001. – 415 с.
3. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебное пособие для студентов вузов машиностроительных специальностей / В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1996. – 328 с.
4. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения: ГОСТ 21495-76. – Введ. 01.01.77. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 37 с.
5. Сергеев, А. И. Проектирование приспособлений : учебное пособие / А. И. Сергеев; под ред. В. П. Апсина. – М. : МАДИ, 1992. – 116 с.
6. Блюменштейн, В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2021. – 220 с. : ил.
7. Кабулов, М. Э. Машинасозликда технологик воситалар. Дарслик / М. Э. Кабулов. – Ташкент : Ношир, 2020. – 420 с.
8. Проектирование средств технологического оснащения : учебное пособие для вузов / Е. В. Бондаренко [и др.]; под ред. В. А. Бондаренко. – Оренбург, 1996. – 164 с.
9. Махаринский, Е. И. Основы технологии машиностроения : учебник / Е. И. Махаринский, В. А. Горохов. – Минск : Вышэйшая школа, 1997. – 423 с.
10. Технология машиностроения : учебник для вузов: в 2 т. / В. М. Бурцев [и др.]; под ред. Г. Н. Мельникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – Т. 1. – 640 с.
11. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.
12. Пневматические устройства и системы в машиностроении : справочник / Е. В. Герц [и др.]; под общ. ред. Е. В. Герца. – М. : Машиностроение, 1981. – 408 с.
13. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справочное пособие. – Минск : Беларусь, 1991. – 400 с.: ил.
14. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.
15. Куснецов, Ю. И. Оснастка станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Куснецов, А. Р. Маслов, П. Н. Байков. – М. : Машиностроение, 1983. – 359 с.
16. Лысенко, В. Г. Проектирование контрольных приспособлений : курсовое проектирование / В. Г. Лысенко. – Минск : БНТУ, 2008. – 189 с.

17. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Приспособления станочные. Требования безопасности: ГОСТ 12.2.029-88. – Введ. 01.01.89. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Микитянский, В. В. Точность приспособлений в машиностроении / В. В. Микитянский. – М. : Машиностроение, 1984. – 128 с.: ил.

2. Дмитриев, В. А. Расчет приспособления на точность : учебное пособие / В. А. Дмитриев, С. А. Немыткин. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 90 с.: ил.

3. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Проектирование приспособлений» для студентов специальностей 12.01 – «Технология машиностроения», 12.02 – «Металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Сакович, А. И. Медведев, В. А. Шкред. – БПИ, 1989. – Часть 1: Расчеты точности, усилий зажима и экономичности приспособлений. – 39 с.: ил.

4. Станочные приспособления : справочник: в 2 т. / ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. – 592 с.: ил.

5. Шубников, К. В. Унифицированные переналаживаемые станочные приспособления / К. В. Шубников. – Л. : Машиностроение, 1973. – 208 с.

6. Ермолаев, В. В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование : учебное пособие для учреждений сред. проф. образования / В. В. Ермолаев. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.

7. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю. М. Зубарев. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 320 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

8. Станочные приспособления : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. – 319 с. – (Среднее профессиональное образование).

9. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л. : Машиностроение, 1975. – 656 с.

10. Белоусов, А. П. Проектирование станочных приспособлений / А. П. Белоусов. – М. : Машиностроение, 1980. – 240 с.

11. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.

12. Валитов, А. М. Расчет точности размеров станочных приспособлений : методическое пособие / А. М. Валитов. – Л. : ЛНТМО, 1970 – 120 с.

13. Горохов, В. А. Технологическая оснастка : учебник для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений. – Минск : Бервита, 1997. – 344 с.

14. Кузнецова, И. В. Приспособления для обработки цилиндрических зубчатых колес : учебное пособие / И. В. Кузнецова. – М. : Машиностроение, 1984. – 128 с.
15. Кривко, Г. П. Проектирование технологической оснастки : учебно-методическое пособие по выбору и расчету технологической оснастки при дипломном и курсовом проектировании / Г. П. Кривко, А. А. Сакович. – Минск : БНТУ, 2005. – 60 с.
16. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / под ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – 288 с.
17. Конструкторские основы создания средств технического оснащения. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 117 с.
18. Микитянский, В. В. Точность приспособлений в машиностроении / В. В. Микитянский. – М. : Машиностроение, 1984. – 128 с.
19. Свирцев, В. И. Проектирование приспособлений : методические указания по выполнению раздела «Проектирование станочного приспособления» в курсовом и дипломном проектах / В. И. Свирцев. – Пермь : Ротапринт, 1980. – 24 с.
20. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учебное пособие / В. В. Бабук [и др.]; под ред. В. В. Бабука. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 255 с.
21. Станочные приспособления : справочник: в 2 т. / под ред. Б. М. Вардашкина, В. В. Данилевского, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.; Т. 2. – 656 с.
22. Шкред, В. А. Методические указания по выбору и расчету станочных приспособлений при дипломном и курсовом проектировании для студентов специальности 12.01 «Технология машиностроения» / В. А. Шкред, А. А. Сакович. – Минск : БГПА, 1995. – 27 с.
23. СТП БИТУ 3.01.2003. Стандарт предприятия. Курсовое проектирование. Общие требования и правила оформления. – 15 с.
24. Андреев, Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г. Н. Андреев. – М. : Высшая школа, 2001. – 415 с.
25. Технологическая оснастка : учебник для вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под общ. ред. М. Ф. Пашкевич. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
26. Аверьянов, И. Н. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах : учебное пособие / И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев. – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 220 с.
27. Зубарев, Ю. М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении / Ю. М. Зубарев. – Лань : Абирифт, 2015. – 320 с.
28. Пименов, В. Б. Проектирование для базирования и закрепления деталей : методические указания для выполнения курсовой работы / В. Б. Пименов, А. К. Куксин. – Костанай : РГАТА, 2009. – 119 с.

29. Фаскиев, Р. С. Проектирование приспособлений : учебное пособие / Р. С. Фаскиев, Е. В. Бондаренко. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с.

30. Ракович, А. Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков / А. Г. Ракович. – М. : Машиностроение, 1980. – 136 с.

31. Котельников, В. К. Приспособления для изготовления металлорежущего инструмента / В. К. Котельников. – М. : Машиностроение, 1977. – 175 с.

32. Станочные приспособления : в 2 т. / редколл. : Б. Н. Вардашкин (гл. ред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2.

33. Обработка металлов резанием : Справочник технолога / А. А. Панов [и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.: ил.

Учебное издание

ЯЦКЕВИЧ Ольга Константиновна
КРАЙКО Сергей Эдуардович
КАБУЛОВ Мухаммадали Эргашалиевич и др.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Пособие

для студентов специальностей
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

Редактор *А. С. Козловская*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 25.06.2024. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 17,78. Уч.-изд. л. 8,43. Тираж 100. Заказ 819.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.