

СГАУ: 6(У)
Ш 955

А.П. ШУЛЕПОВ В.А. ШМАНЕВ
И.Л. ШИТАРЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ОСНАСТКИ

САМАРА 1996

СГАУ: 6(У)
Ш 955

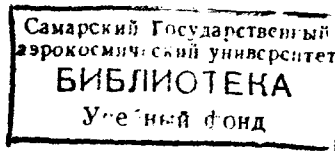
Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва

А. П. Шулепов
В. А. Шманев
И. Л. Шитарев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Учебник
Под общей редакцией А. П. Шулепова



Самара 1996 г. (2003)

УДК [621.9.06-2:621.436:658.52.011.56:681.3](075.8)

Проектирование технологической оснастки:
Учебник / А. П. Шулепов, В. А. Шманев,
И. Л. Шитарев. Под общей редакцией А. П.
Шулепова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара,
1996. 332 с.

ISBN 5-230-16991-5

Изложены теоретические положения, конструкции и методики проектирования станочных приспособлений, вспомогательного инструмента и контрольно-измерительной оснастки. Приведены схемы и конструкции элементов, даны методики технико-экономических расчетов и выбора конструкций средств технологического оснащения производства при различном уровне механизации и автоматизации.

Предназначен для студентов авиационных вузов, изучающих курс проектирования и конструкции средств технологического оснащения и выполняющих курсовые и дипломные проекты по технологическим темам. Выполнен на кафедре "Производство двигателей летательных аппаратов".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева.

Рецензенты: акад. В. А. Кравченко,
проф. В. А. Барвинок.

ISBN 5-230-16991-5

© СГАУ, 1996

© А. П. Шулепов,
В. А. Шманев,
И. Л. Шитарев.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В условиях рыночной экономики выпускаемая продукция должна пользоваться спросом и быть конкурентоспособной. Для этого необходимо не только систематическое совершенствование и создание новых конструкций изделий, но и разработка наиболее современных технологических процессов, которые обладали бы большой мобильностью и позволяли обеспечивать высокое качество изготавливаемых изделий с наименьшими затратами. Это особенно важно при выпуске сложной и дорогостоящей авиационной и космической техники.

В технологии производства двигателей важную роль в интенсификации производства играют средства технологического оснащения (технологическая оснастка) оборудования. Правильное применение прогрессивной технологической оснастки позволяет в значительной степени повысить технологические характеристики процесса обработки заготовок (точность, качество поверхностного слоя и производительность), ускорить переадаптку оборудования, снизить себестоимость изготовления деталей и создать стабильность производства. Поэтому на производстве вопросам проектирования, изготовления и эксплуатации технологической оснастки уделяется большое внимание. Это указывает на то, что необходимо в вузах улучшить подготовку студентов авиационных специальностей по технологической оснастке.

Учебник состоит из трех разделов, в которых изложены следующие виды технологической оснастки: станочные приспособления, предназначенные для установки заготовок; вспомогательный инструмент (приспособления), служащий для

связи режущего инструмента со станком контрольно-измерительные приспособления.

В учебнике рассмотрены теоретические положения, схемы и конструкции элементов, даны методики и примеры инженерно-экономических расчетов, выполняемые при проектировании технологической оснастки. Описаны типовые наиболее характерные конструкции с различным уровнем механизации и автоматизации, которые широко используются как на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ. Приведены методики традиционного и машинного проектирования технологической оснастки. Материал компоновался в основном применительно к производству авиационных двигателей и агрегатов.

Учебник построен на основе обобщения большого количества опубликованных работ, научных разработок, выполненных в организациях и предприятиях, справочников, ГОСТов, ОСТов, а также практических материалов заводов авиационных двигателей. При этом авторы стремились на основании анализа и систематизации этого материала изложить его в учебнике в определенной последовательности, в сжатой и доступной для самостоятельного изучения студентами форме. Вопросы, которые были уже известны студентам из пройденных смежных дисциплин, мы старались не включать в учебник.

Материал учебника рассчитан на его использование при самостоятельном изучении студентами данного курса и выполняющих курсовые и дипломные проекты по технологическим темам. Кроме этого учебник может быть полезен для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, изготовлением и эксплуатацией технологической оснастки на авиационных заводах двигателей и агрегатов.

Авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания, а также признательны работникам кафедры производства двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

Все замечания и предложения по улучшению учебника авторы примут с благодарностью.

Раздел А. КОНСТРУКЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Глава 1. Общие сведения о станочных приспособлениях

1.1. Назначение приспособлений

Непрерывное развитие конструкций и повышение требований к качеству и надежности работы двигателей летательных аппаратов неразрывно связано с интенсификацией производства на основе широкого использования прогрессивных технологий и средств автоматизации и механизации. В производстве двигателей используется комплекс различных технологических процессов, обеспечивающих получение заготовок, изготовление деталей, осуществление сборки, испытания и упаковки изделий. Среди всех видов технологических процессов наиболее сложными и трудоемкими являются технологические процессы механической обработки заготовок. Это объясняется тем, что большинство деталей двигателей имеют сложную конструктивную форму и малую жесткость, изготавливаются из труднообрабатываемых материалов, к ним предъявляются высокие требования к точности геометрических параметров и качеству обрабатываемых поверхностей. Все это приводит к тому, что технологические процессы изготовления деталей являются многооперационными и почти для каждой операции необходимы соответствующие средства технологического оснащения.

К технологической оснастке относятся: приспособления, режущий, мерительный и вспомогательные инструменты, контрольные приборы и другие. В общем объеме технологической оснастки станочные приспособления занимают более 60% трудоемкости. Сложность технологических процессов изготовления деталей двигателей обуславливает применение большого количества разнообразных конструкций приспособлений с высоким уровнем предъявляемых к ним требований [1, 5, 19].

Станочными приспособлениями называют дополнительные (вспомогательные) устройства к металлорежущим станкам. Они предназначены для:

- 1) установки обрабатываемых заготовок при выполнении операций в соответствии с требованиями технологического процесса;
- 2) повышения точности и стабильности качества обработки поверхностей, что обеспечивается путем правильного базирования, надежного закрепления заготовки и придания ей большей жесткости в процессе обработки;

3) повышения производительности труда, что достигается за счет устранения разметки заготовок перед обработкой, выверки заготовок при установке и сокращения штучного времени на всех технологических операциях обработки заготовки. Использование приспособлений позволяет наиболее эффективно влиять на уменьшение вспомогательного времени при выполнении операции;

4) расширения технологических возможностей применяемых универсальных и специализированных станков. Оснащение станков приспособлениями позволяет повысить точность и производительность при изготовлении деталей, создает возможность осуществлять обработку заготовок сложных конструктивных форм и малой жесткости, которые без приспособлений невозможно или очень сложно обработать, использовать универсальные станки для выполнения таких операций, для которых они не предназначены;

5) облегчения труда рабочего и повышения безопасности работы. При применении приспособлений исключаются многие ручные приемы и сокращаются затраты физической силы при выполнении операции. Это достигается, главным образом, за счет упрощения базирования заготовки и использования механизации и автоматизации приспособлений. Труд рабочего становится более производительным и при этом больше уделяется внимания повышению качества работы.

1.2. Классификация станочных приспособлений

Все приспособления классифицируют по степени специализации, по числу устанавливаемых заготовок, по уровню механизации и автоматизации и по типам станков. По степени специализации приспособления разделяют на универсальные, специализированные и специальные [9, 24].

Универсальными называют приспособления для установки заготовок различной конструкции в установочном диапазоне размеров. Обычно эти приспособления изготавливаются станкостроительными заводами, и они входят в комплект оснастки, прилагаемой к станку, или выпускаются в централизованном порядке специализированными заводами. Они широко применяются в единичном и мелкосерийном и частично в серийном производствах. Эти приспособления разделяются на две группы. К первой относятся приспособления, которые обеспечивают установку заготовок различных размеров, без какой-либо переналадки или регулировки, это достигается за счет полного хода кулачков патронов или губок тисков, поворота стола и т. п. в пределах диапазона размеров приспособления. К ним относятся токарные патроны с винтовым или спирально-реечным механизмом, тиски станочные винтовые и другие. В приспособлениях второй группы, чтобы использо-

вать весь диапазон размеров, необходимо производить переналадку, т. е. перестановку или регулировку зажимных кулачков, губок тисков и т. п. на заданный размер базовой поверхности заготовки, так как ход кулачков или губок тисков в каждом установленном положении невелик. К таким универсальным приспособлениям относятся, например, токарные патроны с рычажным или клиновым механизмом, тиски с эксцентриковым зажимом и другие.

Специализированными называют приспособления для установки однотиповых заготовок, т. е. заготовок, принадлежащих к одной классификационной группировке, выделяемой по признакам близости конструктивных и технологических характеристик. Эти приспособления имеют ограниченную универсальность, они применяются в мелкосерийном и среднесерийном производствах. Такие приспособления являются переналаживаемыми, к ним относят сборно-разборные (СРП), групповые приспособления и другие.

Компоновка сборно-разборного приспособления собирается из базовой стандартизованной сборочной единицы (полуфабриката) и сменной наладки, состоящей из стандартизованных установочных, зажимных, направляющих элементов, необходимых для обработки конкретной заготовки. При этом возможна дополнительная обработка и даже изготовление отдельных специальных деталей. СРП относятся к приспособлениям многократного действия.

Групповые приспособления предназначены для обработки определенной группы, заранее заданной группы заготовок на конкретной операции. Они состоят из базового приспособления и комплекта сменных наладок. Базовое приспособление по отношению к заданной группе заготовок является универсальным, а сменные наладки — специальными, они закрепляются на определенной заготовке. При конструировании группового приспособления одновременно создают базовое приспособление и весь комплект сменных наладок. При обработке каждого наименования заготовки осуществляют переналадку, т. е. устанавливают соответствующую сменную наладку.

Специальными называют приспособления для установки заготовок одного типоразмера. Они применяются в серийном и крупносерийном производствах для установки конкретной заготовки на данной операции. Эти приспособления специально проектируются и изготавливаются на заводах-потребителях.

Универсально-сборными (УСП) называют приспособления, собираемые из комплекта стандартизованных элементов (деталей, узлов, механизмов). Элементы УСП — универсальные, а собранное приспособление становится специальным, так как оно предназначено для установки конкретной заготовки на выполняемой операции. После обработки заданного количества заготовок приспособление разбирают, а его элементы используют

ся для компоновки других приспособлений. Таким образом, элементы у УСП многократно используются для повторных сборок приспособлений. Эти приспособления широко применяются в единичном, мелкосерийном, а иногда и в серийном производствах.

По числу устанавливаемых заготовок приспособления разделяются на: **одноместные** — для установки одной заготовки и **многоместные** — для одновременной установки нескольких заготовок.

По уровню механизации и автоматизации приспособления разделяют на **ручные**, которые являются ручным техническим устройством; **механизированные**, в которых закрепление и раскрепление заготовок выполняются при помощи энергии неживой природы, а остальные действия — рабочим; **полуавтоматические**, которые являются автоматизированными техническими устройствами, выполняющими заданный алгоритм функционирования частично с участием рабочего; **автоматические**, которые являются автоматическим техническим устройством.

По типам станков приспособления разделяются на токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные и другие.

1.3. Требования к приспособлениям

К конструкциям станочных приспособлений предъявляются следующие основные требования:

1. Обеспечение заданной точности обработки заготовки на данной операции.

2. Получение высокой производительности при обработке заготовки и экономической эффективности от применения приспособления.

3. Выполнение условий эксплуатации: соблюдение всех правил охраны труда, обеспечение удобства установки и снятия заготовки, обслуживания приспособления и др.

Правильно спроектированное приспособление должно отвечать всем этим требованиям.

Рассмотрим основные направления, с помощью которых конструктор при проектировании приспособления обеспечивает вышеуказанные требования.

Для того, чтобы проектированное приспособление обеспечивало заданную точность обработки заготовки на данной операции, необходимо провести расчет приспособления на точность, т. е. определить ожидаемую погрешность установки. При выполнении любой операции с применением приспособления ожидаемая погрешность обработки не должна превышать заданного допуска на данный геометрический параметр, т. е.

$$\omega \leq T, \quad (1.1)$$

где ω — ожидаемая результирующая (общая) погрешность обработки заданного геометрического параметра; T — допуск, заданный на геометрический параметр (на размер, форму или взаимное расположение поверхностей).

Результирующая погрешность включает несколько производственных погрешностей, которые объединяют в две группы составляющих: ω_y — погрешности установки заготовки и ω_o — погрешности метода обработки, тогда

$$\omega = \omega_y + \omega_o \leq T, \quad (1.2)$$

$$\omega_y \leq T - \omega_o. \quad (1.3)$$

Из уравнения (1.3) видно, что допустимая погрешность обработки, связанная с установкой заготовки в приспособлении ω_y , является частью допуска T . Таким образом, расчет приспособления на точность сводится к определению ожидаемой (расчетной) погрешности установки, которая не должна превосходить допустимую погрешность ω_y .

Для того, чтобы знать допустимую погрешность ω_y , необходимо определить погрешность ω_o . Производственные погрешности, входящие в ω_o , подробно рассмотрены в учебниках и учебных пособиях. Обычно величины ω_o этих погрешностей находятся в таблицах статистических данных, которые приводятся в справочниках или других источниках. Определение погрешности ω_o осуществляется в такой последовательности: сначала на основании анализа выявляют производственные погрешности, возникающие в процессе обработки и включающие на данный геометрический параметр, затем устанавливают их величину, а потом вероятностным методом суммирования рассчитывают погрешность ω_o [6, 7, 12, 18, 22].

Главное значение для конструктора приспособлений является определение ожидаемой погрешности установки. Эта погрешность зависит в основном от выбора и точности установочных баз, конструкции установочных элементов, прочности и износа установочных и других элементов приспособлений, которые оказывают влияние на погрешности установки. Погрешность установки складывается из составляющих: погрешности базирования ω_b , погрешности закрепления ω_z и погрешности изготовления и износа приспособления $\omega_{пр}$. Определение вышеуказанных составляющих погрешностей осуществляется расчетным путем. Учитывая, что при определении ω_b , ω_z , $\omega_{пр}$ конструктор не располагает всеми достоверными данными, не представляется возможным получить величины этих погрешностей с достаточной точностью. Поэтому рекомендуется предусматривать запас точности приспособления (10—20%). По данным учебника [12] погрешность установки определя-

ют в соответствии с правилами суммирования случайных величин и запасом точности по формуле

$$\omega_y = 1,2\sqrt{\omega^2_{\text{б}} + \omega^2_{\text{з}} + \omega^2_{\text{пр}}} . \quad (1.4)$$

Расчетную погрешность ω_y подставляют в формулу (1.3). Если эта погрешность больше допустимой, то необходимо уменьшить ω_y за счет повышения точности изготовления приспособления либо изменить способ базирования. После этого проводят повторные расчеты.

Схемы базирования заготовок и примеры расчета погрешности ω_y рассмотрены во второй главе.

Получение высокой производительности достигается применением механизации и автоматизации приспособлений, что позволяет значительно сократить вспомогательное время на операцию ($t_{\text{всп}}$), а применение многоместных приспособлений дает возможность сократить не только $t_{\text{всп}}$, но и основное технологическое время (t_0).

Проектирование — это решение многовариантной задачи. Поэтому конструктор из нескольких вариантов должен выбрать оптимальный, который наилучшим образом удовлетворяет всем требованиям. Выбор варианта основывается на технико-экономических расчетах. Расчеты экономической эффективности применения приспособлений основываются на сопоставлении экономии и годовых затрат. Экономия получается за счет снижения себестоимости обработки заготовки на данной операции в результате уменьшения трудоемкости, а иногда и разряда работы, а затраты складываются из расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособления. Приспособление целесообразно применять если $\mathcal{E} > P$, где \mathcal{E} — ожидаемая экономия от применения приспособления в год; P — затраты на приспособление в год.

Экономический эффект от применения приспособления:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E} - P.$$

При проектировании обычно приходится сопоставлять экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для данной операции и выбирать из них наиболее выгодный. Поэтому учитывают только те элементы себестоимости обработки, которые зависят от конструкции приспособления [4].

1.4. Элементы приспособлений

Несмотря на большое разнообразие конструкций применяемых приспособлений, все они имеют общую структуру, что позволяет разделить приспособления по функциональному назначению на отдельные части. Такие части приспособлений принято называть элементами. Элемент — это деталь, сборочная единица, механизм, устройство, узел, предназначенный для выполнения оп-

ределенной функции в приспособлении. Анализ конструкций показывает, что количество элементов в структуре приспособлений невелико. Все элементы можно объединить в следующие основные группы: установочные, зажимные, самоцентрирующие, направляющие, делительные, корпуса, вспомогательные. В группе элементы различаются не только по размерам, но и по конструктивному выполнению. Следует заметить, в зависимости от назначения конструкция приспособления может состоять из всего комплекса элементов или только из отдельных групп элементов.

Проектируют элементы с учетом требований, которые предъявляются к ним, исходя из выполняемой ими функции. Это позволяет иметь общие методы проектирования каждой группы элементов. Поэтому для установления общих принципов проектирования нет необходимости рассматривать множество конструктивных вариантов элементов или конструкций приспособлений.

Обычно курс «Проектирование приспособлений» начинают с изучения элементов, а затем на базе этих знаний изучают конструкции типовых приспособлений и методику проектирования.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что такое технологическая оснастка?
2. Каково назначение станочных приспособлений?
3. Что называется универсальным, специализированным, специальным приспособлениями?
4. Какие требования предъявляются к приспособлениям?
5. Что называется элементом приспособления?

Глава 2. Способы установки заготовок и конструкции установочных элементов

2.1. Назначение установочных элементов и требования к ним

При установке заготовка должна быть правильно сориентирована относительно рабочих органов станка. Установка — это базирование и закрепление заготовки в приспособлении. Под базированием понимают придание заготовке требуемого положения относительно выбранной схемы координат. Базирование осуществляется по базам заготовки.

Для выполнения технологических операций требуется осуществить не только базирование, но и неподвижность заготовки относительно приспособления, гарантирующую неизменность ориентировки заготовки и нормальное протекание процесса обработки. В связи с этим при установке заготовок в приспособлении решаются две задачи: ориентировка, осуществляемая базированием, и

создание неподвижности, достигаемое закреплением заготовок. Эти задачи решаются посредством наложения определенных ограничений (связей) на возможные перемещения заготовки в пространстве.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы: перемещения и поворота относительно трех координатных осей. Следовательно, для установки заготовки необходимо наложить на нее шесть жестких двухсторонних координатных связей, приложенных в опорных точках. При этом обеспечивают заданную ориентировку заготовки относительно системы координат и фиксирование ее в данном положении. Таким образом, для лишения заготовки шести степеней свободы необходимо иметь шесть точек контакта заготовки с установочными элементами (правило шести точек), каждая точка лишает заготовку одной степени свободы.

В зависимости от условий обработки может быть полная ориентация, когда заготовка базируется шестью точками, и неполная, когда точек базирования меньше шести. Число опор (точек), на которые устанавливают заготовку, не должно быть больше шести.

На рис. 2.1. показаны примеры установки заготовок с их полной и неполной ориентацией в пространстве. Схема установки прямоугольной заготовки с тремя взаимно перпендикулярными базовыми плоскостями для выдерживания размеров H , L , B при обработке прямоугольного паза представлена на рис. 2.1, а. Опоры (точки) расположены на трех координатных плоскостях, при этом поверхность приспособления, на которой расположены три

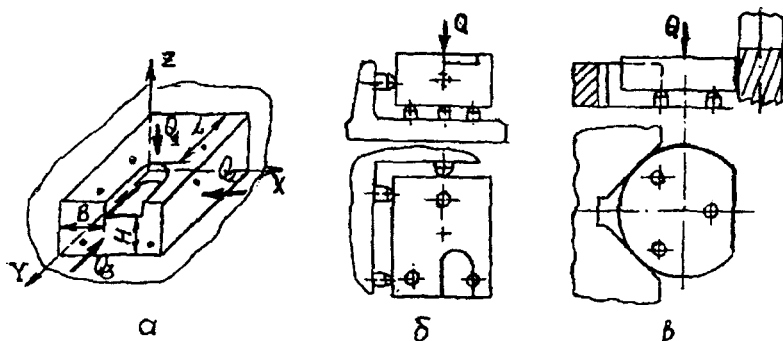


Рис. 2.1. Примеры установки заготовок с полной и неполной ориентацией

точки, называется установочной, две точки — направляющей и одна точка — упорной. Стрелками показаны направления силы Q_1 , Q_2 и Q_3 , прижимающие заготовку к опорам. Закрепленне заготовки может осуществляться одной силой, например, Q_1 , и соответствующей ей силой трения между нижней базой и опорами, что препятствует смещению заготовки в остальных направлениях. Изменяя направление и точку приложения силы Q_1 , можно прижать заготовку ко всем опорам одновременно. На рис. 2.1, б показана практическая реализация предыдущей схемы. Опоры имеют ограниченную поверхность контакта и жестко закреплены в корпусе приспособления. После закрепления заготовки образуется замкнутая система «заготовка—опоры—корпус приспособления — зажимное устройство». Сила Q воспринимается элементами этой системы.

На рис. 2.1, в дан пример неполной ориентации заготовки. Плоским торцом она опирается на три опоры (точки), а цилиндрической поверхностью соприкасается с двумя гранями призмы. По скольку площадку (показана жирной линией) можно обработать в произвольном месте, то для установки заготовки достаточно пяти опорных точек. При обработке отверстия в заготовке типа шар достаточно иметь три точки (опоры).

Из изложенного следует, что правило шести точек наиболее полно соответствует установке заготовки на точечные опоры при их полной ориентации в пространстве.

Для базирования заготовки предназначены установочные элементы приспособлений. Они в зависимости от конструкции и размера базовых поверхностей заготовки и от вида обработки могут быть выполнены в виде опорных штырей, пластин, колец, втулок, пальцев, призм, механизмов и т. д.

По назначению установочные элементы разделяются на две группы: основные и дополнительные (вспомогательные). Основные установочные элементы предназначены для базирования заготовки, поэтому они соединены с корпусом приспособления. Дополнительные установочные элементы не участвуют в базировании, так как они предназначены для придания заготовке в процессе обработки большей устойчивости и жесткости. Эти элементы выполняются подвижными, подводятся к заготовке после ее базирования и закрепления на основных установочных элементах. Дополнительные элементов (опор) может быть одна или несколько, в зависимости от конструкции заготовки и вида обработки на данной операции. Применяют их в том случае, когда заготовка в процессе обработки под действием сил резания, при недостаточной жесткости, может деформироваться. Это повышает стабильность процесса и точность обработки.

В соответствии с общими принципами установки заготовок, к установочным элементам можно предъявить следующие требования:

число и расположение элементов должно обеспечить ориентацию заготовки с заданной точностью согласно принятой в технологическом процессе схеме базирования и достаточную ее устойчивость в приспособлении;

при использовании необходимых баз с параметром шероховатости поверхности $R_z > 80$ мкм установочные элементы следует выполнять с ограниченной опорной поверхностью для уменьшения влияния неровностей этих баз на точность установки заготовки;

установочные элементы не должны портить базовые поверхности, особенно те, которые не подвергаются повторной обработке; установочные элементы должны быть жесткими и износостойкими.

Жесткость установочных элементов повышают, улучшая качество сопряжения элементов с корпусом приспособления, применяя шлифование, шабрение или притирку поверхностей стыков, а также надежно прижимая элементы к корпусу. Износостойкость опор повышают, изготавливая их из сталей У8А, 45, 20, 20Х с последующей термической обработкой до твердости HRC₃ 54...59. Изнашивание опор можно уменьшить хромированием их несущих поверхностей и наплавкой твердым сплавом, а также шлифованием поверхностей до получения $R_a = 0,63...0,32$ мкм. Для ускорения ремонта приспособления установочные элементы выполняют легкосменными.

Большинство установочных элементов стандартизированы. Поэтому конструктор при проектировании приспособления руководствуется ГОСТами или справочниками [5, 19].

2.2. Типовые схемы установки заготовок и конструкции установочных элементов

Параметр точности детали, обеспечиваемый при обработке, является результатом функционирования технологической системы. Технологическая система состоит из отдельных звеньев (станок—приспособление—инструмент—заготовка), каждое из которых влияет на погрешность обработки. Важным звеном системы, влияющим на точность обработки, является погрешность заготовки в приспособлении ω_y . Как показано в главе I, расчетная погрешность установки определяется по уравнению

$$\omega_y = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{пр}^2}.$$

По своему физическому смыслу величина ω_y выражает погрешность положения заготовки. Чтобы рассчитать ее, необходимо установить величины погрешностей ω_6 , ω_3 и $\omega_{пр}$. Величины этих

погрешностей зависят от выбора и точности технологических установочных баз заготовки и выбора схемы установки заготовки и точности установочных элементов. Установочные базы заготовки задаются технологом, а схему установки выбирает и обосновывает расчетом на точность конструктор приспособления. Рассмотрим в общем виде возникновение погрешностей ω_6 , ω_3 и $\omega_{пр}$.

Погрешность базирования ω_6 — это отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. Эта погрешность является величиной геометрической. Для данной схемы базирования она определяется проекцией расстояния между предельными положениями измерительной базы заготовки на направление размера, получаемого при обработке. Для одной и той же схемы базирования она может быть различной. При совмещении измерительной базы с технологической (установочной) погрешность базирования относительно размера A близка нулю (рис. 2.2, а). Погрешность базирования относительно размера B равна допуску T_c на размер C заготовки. В этом случае технологическая база (плоскость 1) не смещена с измерительной базой (плоскость 2). Погрешность базирования относительно размера E будет равна нулю, так как плоскость заготовки Z является одновременно установочной и измерительной базой.

Схема базирования заготовки с центральным отверстием на цилиндрический палец приспособления приведена на рис. 2.2, б. При посадке без зазора (разжимной палец) погрешность базирования для размера A равна половине допуска на размер заготовки — $T_A/2$. При наличии зазора S погрешность базирования для того же размера возрастает на величину предельного изменения зазора: $\omega_6 = T_A/2 + S$. Погрешность размеров B и C (см. рис. 2.2, б) не зависит от базирования.

Погрешность закрепления ω_3 — это разность предельных смещений измерительной базы в направлении получаемого размера под действием сил зажима заготовки. Заготовка смещается в результате упругих деформаций отдельных звеньев цепи, в которой происходит силовое замыкание заготовки. При достаточной жесткости корпуса приспособления и заготовки погрешность закрепления зависит в основном от перемещения в стыке заготовка — установочные элементы.

Сила закрепления должна надежно прижимать заготовку к опорам приспособления. Когда это условие не выполняется (при неправильной схеме закрепления), часто происходит поворот или смещение заготовки на значительную величину от исходного положения.

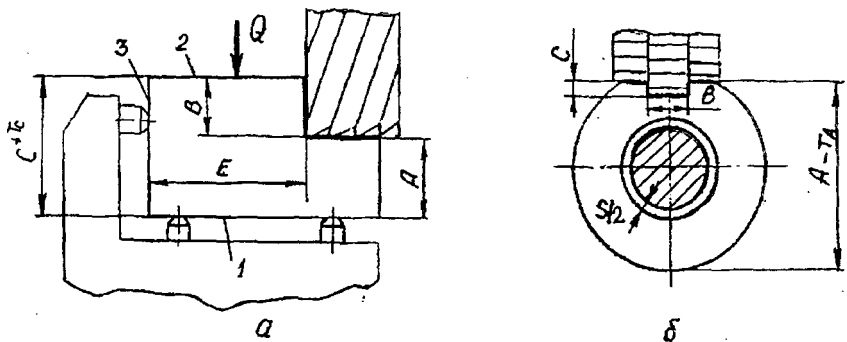


Рис. 2.2 . Схема для определения погрешности базирования:
 а — прямоугольной заготовки; б — заготовки с центральным отверстием

Величина смещения технологической базы при закреплении не постоянна для партии заготовок. Это объясняется изменением силы зажима, микрогеометрии и физико-механических свойств поверхностного слоя заготовок при их закреплении.

Величина погрешности ω_3 обычно невелика, и ее определяют по экспериментальным данным или расчетам. Для уменьшения ω_3 необходимо стремиться к постоянной силе закрепления. Поэтому в производстве двигателей при точной обработке заготовок используют зажимы, обеспечивающие стабильность силы зажима.

Погрешность положения заготовки $\omega_{пр}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов — $\omega_{изг}$, износом последних — $\omega_{из}$ и ошибками установки приспособления на станке — $\omega_{у-пр}$.

Составляющая $\omega_{изг}$ характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. В авиадвигателестроении технологические возможности изготовления приспособлений способствуют получению $\omega_{изг} = 0,01 \dots 0,015$ мм.

Составляющая $\omega_{из}$ характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от времени работы приспособления, материала и массы заготовки, состояния ее базовых поверхностей, а также условий установки заготовки в приспособлении и снятия ее. Износ опор контролируют при плановой периодической проверке приспособлений. Если износ достигает предельно допустимой величины, которая оговаривается в технических условиях на сборочном чертеже приспособления, то производят смену опор.

Составляющая $\omega_{y-пр}$ возникает при установке корпуса приспособления на шпинделе или на столе станка. Смещение приспособлений на станке уменьшают путем применения направляющих элементов (центрирующих поясков, шпонок, фиксаторов), притиркой стыковочных поверхностей станка и приспособления. При изготовлении деталей двигателей на чистовых операциях $\omega_{y-пр}$ находится в пределах 0,005...0,02 мм.

Величины $\omega_{изг}$, ω_n и $\omega_{y-пр}$ — это расстояние между предельными проекциями измерительной базы обрабатываемых заготовок на направление выполняемого размера. Они представляют собой поля рассеяния случайных величин. Однако действие составляющих $\omega_{пр}$ проявляется в зависимости от условий применения приспособления и типа производства. При однократном применении одноместного приспособления в мелкосерийном и серийном производствах $\omega_{пр}$ рассматривается как систематическая погрешность, и она может быть скомпенсирована при настройке станка, а распределение погрешностей ω_n и $\omega_{y-пр}$ подчиняется соответственно законам равной вероятности и нормального распределения. С учетом сказанного в общем виде можно записать

$$\omega_{пр} = \omega_{изг} + \sqrt{3\omega_n^2 + \omega_{y-пр}^2} \quad (2.1)$$

Тогда общая погрешность установки заготовки определится как суммарное поле случайных величин, и с учетом запаса точности получим

$$\omega_y = 1,2 \sqrt{\omega_{\sigma}^2 + \omega_z^2 + \omega_{пр}^2} \quad (2.2)$$

Расчет погрешности ω_y производится для каждого геометрического параметра, получаемого при обработке заготовки на данной операции. Расчетная погрешность ω_y должна быть меньше или равна допустимой: $\omega_y = T - \omega_{\sigma}$.

Рассмотрим типовые способы установки заготовок в приспособлениях, наиболее широко применяемые при изготовлении деталей авиационных двигателей.

Установка заготовки по плоскости основания и двум боковым сторонам. Теоретическая схема базирования была рассмотрена ранее (см. рис. 2.1а, б). Осуществить базирование плоской базы — значит совместить ее с какой-то заданной плоскостью приспособления. Так как положение любой плоскости определяется тремя точками, то для выполнения базирования необходимо иметь на установочной поверхности приспособления три опорные точки, расположенные в одной заданной плоскости, а чтобы определить положение заготовки по двум дру-

гм координатам, надо прижать заготовку к направляющей поверхности (две точки) и упорной (одна точка). Следовательно, базирование достигается с помощью различного сочетания и расположения установочных опорных элементов.

Для базирования используют основные опоры, которые бывают жесткие и плавающие. Жесткие опоры оформляют в виде опорных штырей пластин, колец. Штыри, показанные на рис. 2.3, б, в, служат для установки заготовок с необработанными базами. Обработанные базовые поверхности заготовок устанавливаются на штыри с плоской головкой (рис. 2.3, а) или на пластины (рис. 2.3, г). Головки штырей или пластин после их соединения с корпусом должны лежать по высоте в одной плоскости. Для этого точно выдерживают размер Н или производят совместную обработку после запрессовки штырей или привинчивания пластин по высоте. Конструкции опор стандартизованы, и они по ГОСТ носят название «опоры постоянные».

При установке в приспособлении нежестких заготовок возможна их деформация под влиянием усилий закрепления, а при обработке — под влиянием сил резания. Для повышения жесткости стремятся увеличить площадь контакта заготовки с приспособлением, не нарушая при этом требований теоретической механики — для определения положения плоскости необходимо и достаточно трех точек. Достигается это путем применения заблокированных (рис. 2.4, а) и плавающих (рис. 2.4, б) опор, каждая из которых заменяет собой один опорный штырь, хотя и контактирует с базой в двух или трех точках. Конструкция таких опор обеспечивает согласованное перемещение опорных поверхностей, при котором сохраняется практически неизменным положение опорной точки (она остается в заданной плоскости приспособления).

Если при базировании рассмотренными выше способами заготовка не получает достаточной устойчивости или жесткости, то к основным опорным элементам необходимо добавить нужное количество вспомогательных (дополнительных) опор.

По конструкции вспомогательные опоры (механизмы опор) могут быть: регулируемые (винтовые), подводимые (клиновые) и самоустанавливающиеся (пружинные). Все эти опоры стандартизованы.

Регулируемая опора оформляется в виде винтового домкрата. Она используется при установке жестких деталей и при тяжелых условиях обработки (рис. 2.5). Подведенная к заготовке опора закрепляется.

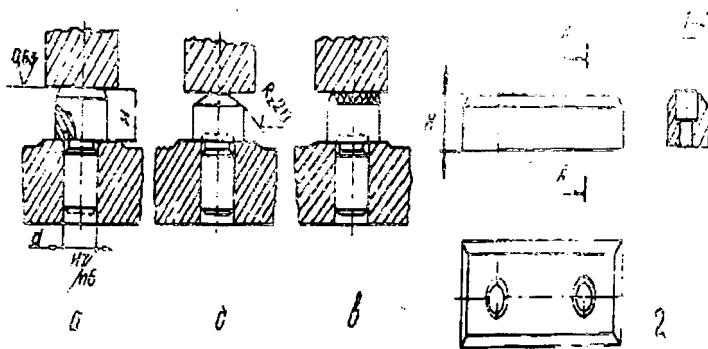


Рис. 2.3. Опорные штыри (а, б, в) и пластины (г)

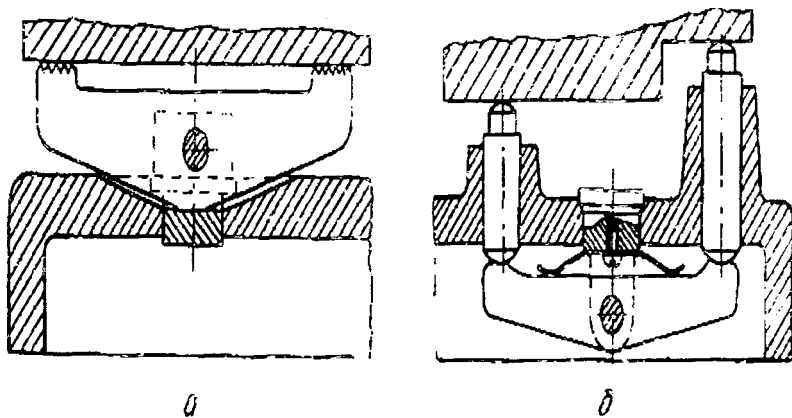


Рис. 2.4. Сблокированная (а) и плавающая (б) опоры

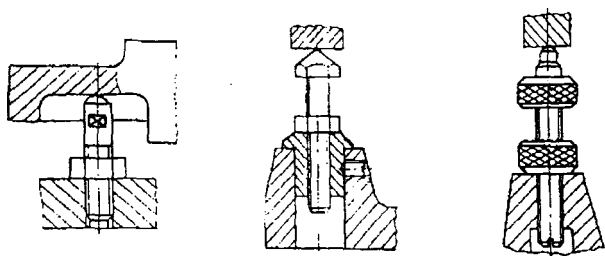


Рис. 2.5. Вспомогательные регулируемые винтовые опоры

На рис. 2.6, а приведена подводимая вспомогательная опора. Такие опоры приводятся в соприкосновение с базующей поверхностью заготовки после установки и закрепления ее на основных опорах. При линейных перемещениях влево системы деталей 2, 3, 4, 6 опорный штырь 1 входит в соприкосновение с базой обрабатываемой заготовки. Затем вращая рукоятку 5, уменьшают расстояние между шариками 4, которые раздвигают сегментные шпонки 3, прижимая их к стенке отверстия в корпусе и тем самым фиксируя опору.

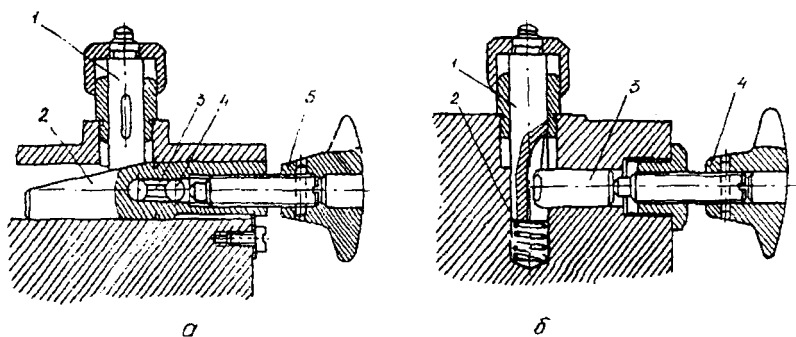


Рис. 2.6. Вспомогательные опоры:
а — клиновья; б — самоустанавливающаяся

Самоустанавливающаяся вспомогательная опора показана на рис. 2.6, б. До установки заготовки опорный штырь 1 несколько выступает над основными опорами, а при установке погружается, преодолевая усилие пружины 2, оставаясь в контакте с базовой поверхностью обрабатываемой заготовки. Фиксация опоры осуществляется с помощью сухаря 3 вращением рукоятки 4. Заметим, что перед каждой установкой новой заготовки на основные опоры, штыри вспомогательных опор должны быть раскреплены.

При создании высокопроизводительных приспособлений управление вспомогательными опорами осуществляется механизированным приводом.

При всех рассмотренных способах базирования плоской базы погрешность должна определяться в направлении, перпендикулярном плоскости. Величина погрешности базирования зависит от состояния базы. Для обработанных баз ее можно принимать равной нулю. Это допустимо, если обработанная база имеет малую неплоскостность, так как в этом случае плоскость базы всех заготовок будет совмещаться практически без погрешности с заданной плоскостью приспособления. При базировании необработанных баз возможна погрешность, возникающая вследствие того, что плоскость базы по отношению к заданной плоскости приспособления будет устанавливаться с перекосом из-за неровности базы. Величина этого перекоса (угла отклонения плоскости базы от заданной плоскости приспособления) будет зависеть от высоты неровностей и расстояния между опорными точками. Зная величину неровности базы и расстояние между опорами, можно для любой точки базы определить погрешность ее базирования.

Установка заготовки по базовому отверстию и плоскости. При обработке деталей двигателей цилиндрическое отверстие весьма часто принимается за базу. Осуществить базирование заготовки отверстием — это значит совместить его ось с какой-то заданной линией в приспособлении. На рис. 2.7 приведена схема базирования заготовки по цилиндрическому отверстию. За установочную базу принимается торец заготовки, несущий три опорные точки — 1, 2, 3, а внутренняя цилиндрическая поверхность несет две опорные точки — 4, 5. Применить такую схему базирования в приспособлении можно, применив установочные элементы в виде пальцев и оправок.

Базирование заготовки внутренней цилиндрической поверхностью (на палец) показано на рис. 2.8. Заготовка устанавливается отверстием на цилиндрический палец, выполненный с такими отклонениями, чтобы в соединении заготовка—палец обеспечивалась подвижная посадка.

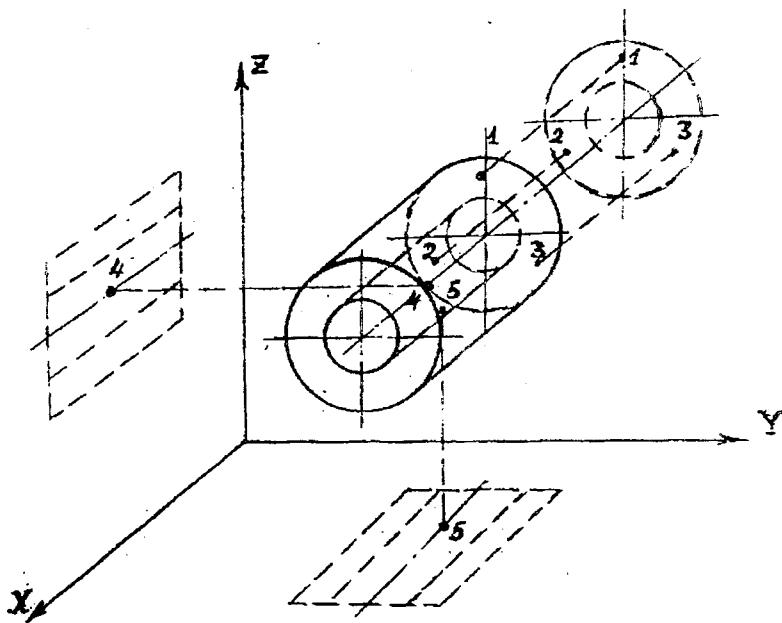


Рис. 2.7. Схема базирования заготовки по цилиндрическому отверстию

Так как заготовка устанавливается на палец по подвижной посадке, то

$$d = D - S_r, \quad (2.3)$$

где d — максимальный диаметр пальца; D — минимальный диаметр отверстия; S_r — зазор, гарантированный посадкой.

Максимальный зазор в соединении будет составлять

$$S_{\max} = S_r + T_d + T_D. \quad (2.4)$$

При данном способе погрешность базирования (биение) будет равна максимальному зазору $\omega_b = S_{\max}$, а перекося оси базы определяется по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{S_{\max}}{l},$$

где α — угол поворота оси базы; l — длина пальца.

Чтобы перекос оси базы не превышал допустимых пределов, длину l пальца принимают примерно $1,5 D$, где D — номинальный диаметр базового отверстия.

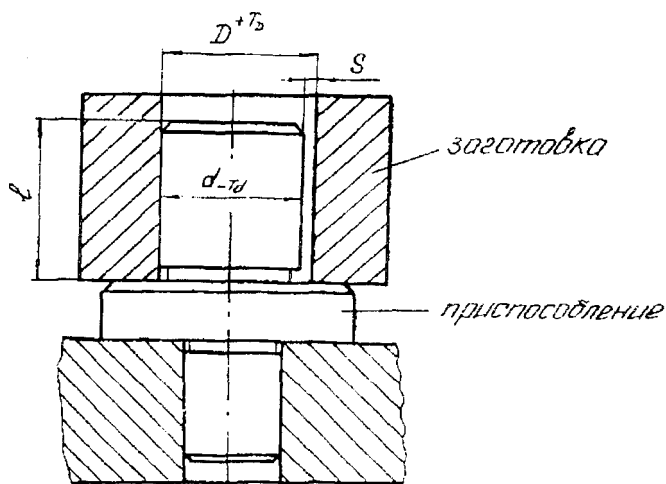


Рис. 2.8. Схема базирования заготовки на цилиндрический палец

Рассматриваемый способ базирования применяется только для заготовок с базовыми отверстиями, обработанными по 6...9 квалитетам, иначе получаются большие погрешности и перекос оси базы.

В тех случаях, когда установка заготовок на жесткий палец не удовлетворяет заданной точности обработки, то установку осуществляют на самоцентрирующие элементы (разжимные или конусные оправки). При такой установке выбирается зазор и значительно уменьшается погрешность установки. Конструкции разжимных оправок приведены в главе 6.

Конусные центровые оправки с конусностью $1/2000...1/4000$ часто применяют для окончательной обточки наружного диаметра заготовки. При этом базовое отверстие заготовки подготавливают с точностью 6...7 квалитета. Точность центрирования составляет $0,005...0,01$ мм. Закрепление заготовки обеспечивается за счет расклинивающего действия на конусе оправки. Недостатком такой оправки является отсутствие фиксации заготовки по длине,

так как заготовки занимают различные положения по длине оправки, в связи с колебанием базы-отверстия в пределах допуска.

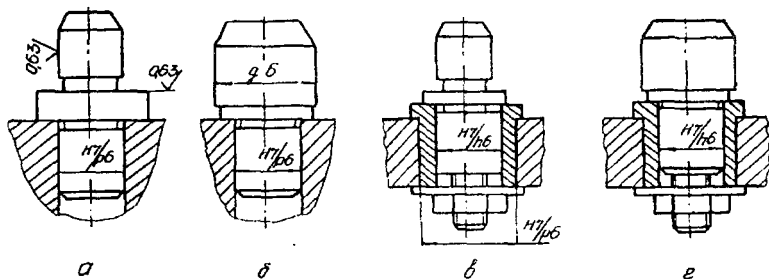


Рис. 2.9. Установочные пальцы: а, б — постоянные; в, г — сменные

Конструктивные разновидности пальцев приведены на рис. 2.9. Конструкции пальцев стандартизованы, причем пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали У7А, а диаметром более 16 мм — из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости HRC₃ 49...54.

Погрешность установки на пальцы характеризуется смещением заготовки на величину диаметрального зазора между поверхностями сопряжения. Если базовый торец заготовки не перпендикулярен к оси отверстия, возможно отклонение оси отверстия от оси пальца.

Установка заготовок по наружной цилиндрической поверхности и торцу. Наружная цилиндрическая поверхность широко используется при базировании заготовок типа валов, втулок и т. д. Осуществить базирование цилиндрической поверхности — значит совместить ее ось с какой-то заданной линией в приспособлении. Схемы базирования заготовок по цилиндрическим поверхностям и перпендикулярной к ее оси плоскости показаны на рис. 2.10. В зависимости от отношения длины l и базового диаметра d заготовки существуют две схемы, различающиеся между собой распределением опорных точек между цилиндром и плоскостью.

На рис. 2.10, а дана схема базирования цилиндрической заготовки с соотношением $l/d \geq 1$. Как видно из схемы, базовая цилиндрическая поверхность несет четыре опорные точки: две из них лежат на образующей 1—2 и две — на образующей 3—4. Базирование по такой цилиндрической поверхности лишает заготовку четырех степеней свободы. Торец несет опорную точку 5, лишаящую заготовку перемещения вдоль оси X. Шестая опорная

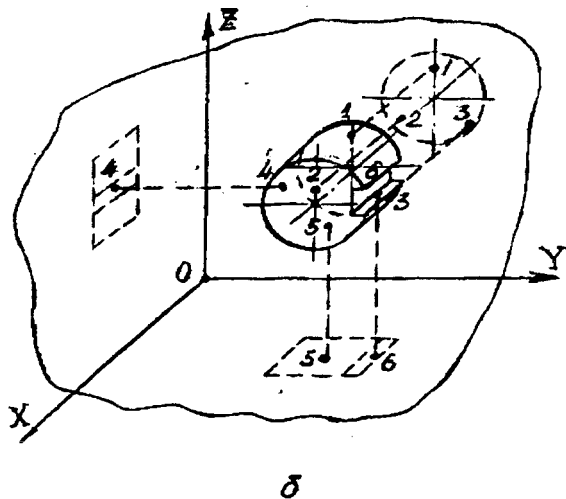
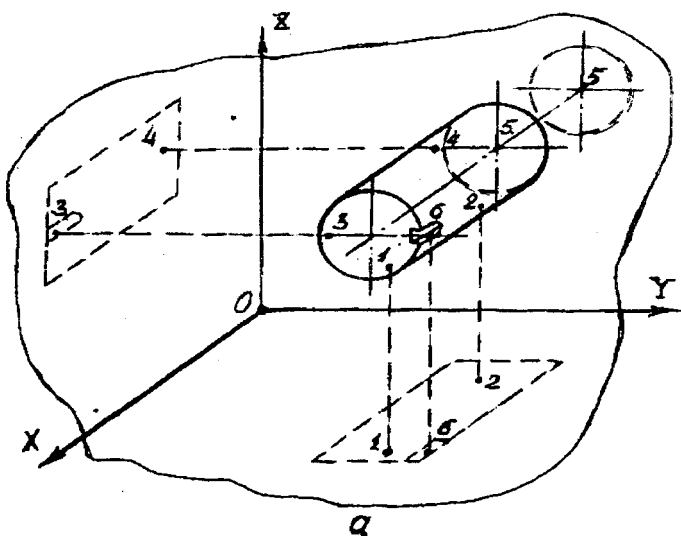


Рис. 2.10. Схема базирования цилиндрической заготовки с соотношением $l/d \geq 1$ (а) и $l/d < 1$ (б)

точка, лишающая заготовку поворота вокруг оси X, может быть задана на поверхности шпоночного паза или радиального отверстия.

На рис. 2.10, б приведена схема базирования цилиндрической заготовки с соотношением $l/d < 1$. При таком соотношении опорные точки, расположенные на образующих цилиндра, не обеспечивают заготовке устойчивого положения. Поэтому за установочную базу принимается торец заготовки, несущий три опорные точки 1, 2, 3, а цилиндрическая поверхность несет две опорные точки 4, 5. Расположение опорной точки 6 аналогично первой схеме базирования.

Обычно применяются следующие способы базирования, различающиеся по точности, эксплуатационным удобствам и областям применения: в отверстие, на призму, с помощью самоцентрирующего устройства.

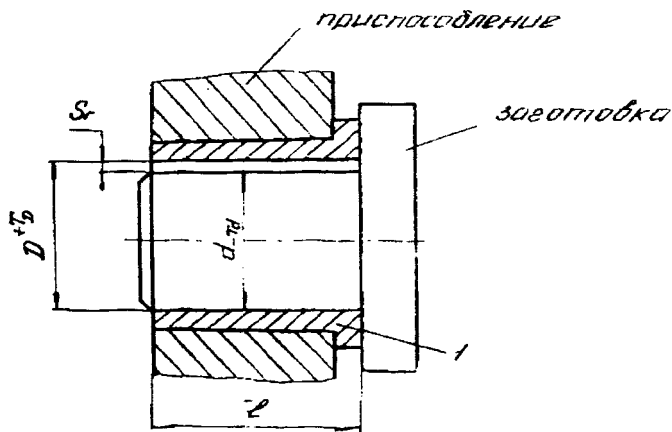


Рис. 2.11. Схема базирования заготовки в цилиндрическом отверстии

При базировании отверстием (рис. 2.11) установочным элементом является втулка 1, в отверстие которой устанавливается заготовка. Ось отверстия втулки располагается в приспособлении в требуемом положении. Чтобы заготовку можно было вставить в

отверстие втулки, необходимо предусмотреть гарантированный зазор в соединении заготовка—втулка. При этом диаметры базы и отверстия будут связаны между собой зависимостью

$$D = d + S_r, \quad (2.5)$$

где D — наименьший диаметр отверстия во втулке; d — наибольший диаметр заготовки; S_r — гарантированный зазор. С учетом гарантированного зазора, а также погрешностей изготовления заготовки и отверстия во втулке максимальный диаметральный зазор в соединении заготовка—втулка будет составлять

$$S_{\max} = S_r + T_d + T_D. \quad (2.6)$$

В пределах этого зазора возможно смещение оси базы заготовки относительно оси отверстия во втулке в любую сторону на величину, равную половине зазора $S_{\max}/2$. Наибольшее расстояние между крайними смещенными положениями оси базы — погрешность базирования оси базы ω_b будет равна S_{\max} , т. е.

$$\omega_b = S_{\max} = S_r + T_d + T_D. \quad (2.7)$$

Кроме того, в пределах S_{\max} возможен перекося оси базы, который определяется по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{S_{\max}}{l}.$$

Этот способ базирования используется для заготовок с базами, обработанными по 7...9 квалитетам. Для обеспечения легкости установки заготовок в отверстие втулок должен быть гарантированный зазор по подвижной посадке. Длину l втулки принимают не менее 1,5 диаметра базы, в противном случае может появиться значительный перекося оси заготовки.

Широкое распространение получило базирование наружных цилиндрических поверхностей в призму. Призмой называют установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом α (рис. 2.12). Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы. Призма определяет положение оси заготовки, перпендикулярной основанию призмы вследствие совмещения ее с осью углового паза. Осью углового паза считают ось, проведенную через точку A пересечения рабочих плоскостей перпендикулярно плоскости основания призмы. Для использования этого свойства призмы необходимо при ее изготовлении обеспечивать строгую симметрию рабочих плоскостей относительно оси углового паза, т. е. точно выдерживать половину угла призмы $\alpha/2$. На корпусе приспособления призма точно фиксируется контрольными штифтами 2 и закрепляется винтами 1. В приспособлениях ис-

пользуют призмы с углами α , равными 60, 90 и 120°. Наибольшее распространение получили призмы с $\alpha=90^\circ$.

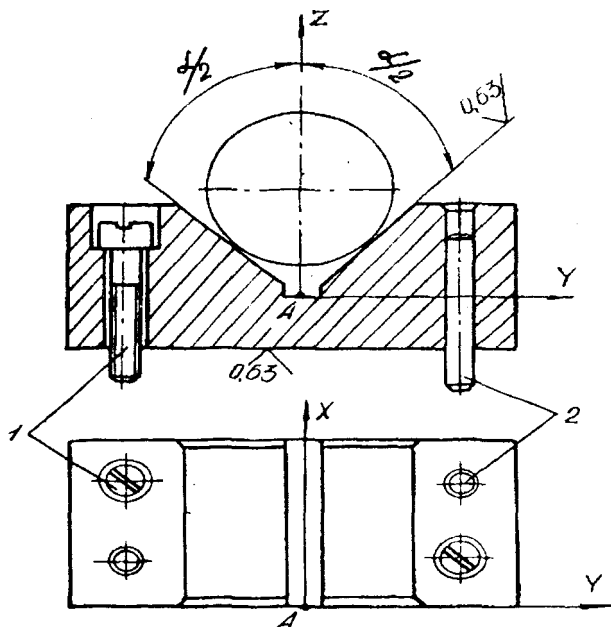


Рис. 2.12. Конструкция призмы

При установке заготовок с чисто обработанными базами применяют призмы с широкими опорными поверхностями, а с черновыми базами — с узкими опорными поверхностями. При установке длинных заготовок используются две соосно установленные призмы, которые после закрепления на корпусе приспособления шлифуют одновременно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности. Если по условиям обработки данную заготовку необходимо поставить на несколько призм, то две из них делают жесткими (основные опоры), а остальные — подвижными (вспомогательные опоры).

Рассмотрим установку заготовок на призмы. На рис. 2.13 приведена схема установки вала на призму для обработки лыски на

предварительно настроенном станке. Положение лыски в направлении оси Z относительно цилиндрической поверхности вала может быть задано конструктором детали одним из трех размеров B_1, B_2, B_3 . Для каждого из этих размеров используется одна и та же установочная база — образующие касания цилиндра с рабочими плоскостями призмы, проходящие через точки $F—F$ (рис. 2.13, а). Во всех этих случаях происходит несовмещение установочной и измерительной баз, а следовательно, возникает погрешность базирования. Кроме этого при колебании базового диаметра

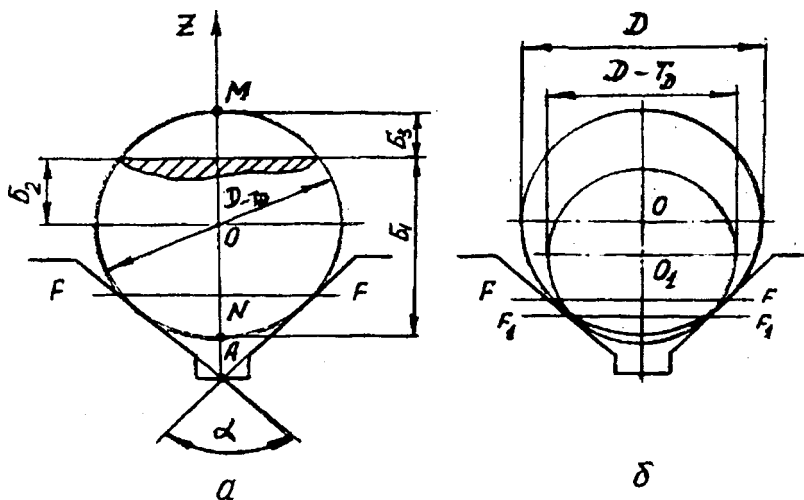


Рис. 2.13. Схема базирования заготовки призмой

заготовок в пределах допуска T_D установочная база меняет свое положение. При базировании заготовки с максимальным диаметром D (рис. 2.13, б) установочная база проходит через точки $F—F$, а при базировании заготовки с минимальным диаметром $D—T_D$ она смещается в положение $F_1—F_1$.

В соответствии с рис. 2.13 погрешность базирования для размера B_1

$$\omega_5 = \frac{T_D}{2} \left[\frac{1}{\sin(\alpha/2)} - 1 \right]; \text{ при } \alpha = 90^\circ, \omega_5 \approx 0,2T_D; \quad (2.8)$$

для размера B_2

$$\omega_6 = \frac{T_D}{2 \sin(\alpha/2)} : \text{при } \alpha = 90^\circ, \omega_6 \approx 0,7 T_D ; \quad (2.9)$$

для размера B_3

$$\omega_6 = \frac{T_D}{2} \left[-\frac{1}{\sin(\alpha/2)} + 1 \right] : \text{при } \alpha = 90^\circ, \omega_6 \approx 1,2 T_D . \quad (2.10)$$

С целью уменьшения погрешности базирования применяют другие схемы установки, например, используют различные самоцентрирующие устройства. Самоцентрирующим называют устройство, опорные поверхности которого подвижны и связаны между собой так, что могут одновременно и с равным перемещением сближаться к оси устройства или удаляться от нее. Опорные поверхности самоцентрирующих устройств могут быть выполнены либо с кулачками, либо в виде сплошной цилиндрической поверхности тонкостенной втулки, упругодеформируемой при действии сил зажима, и другие.

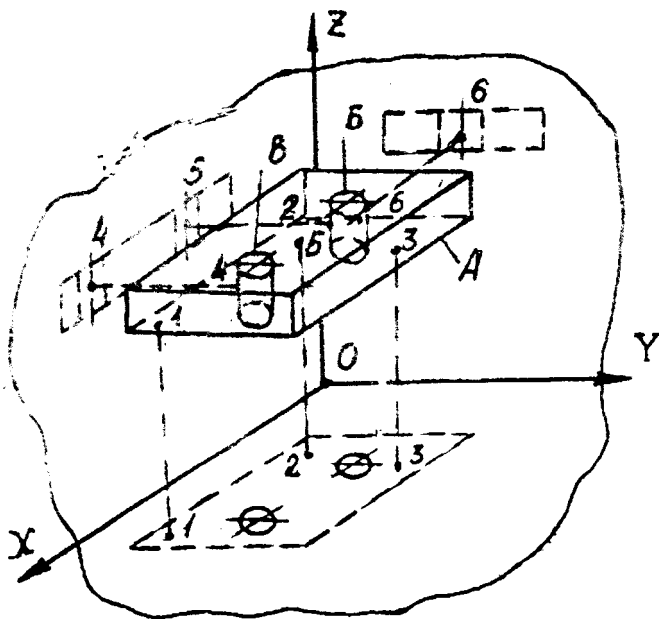


Рис. 2.14. Схема базирования заготовки по двум отверстиям и плоскости

Основное преимущество самоцентрирующих устройств состоит в том, что при установке в них заготовки погрешность базирования равна нулю. Эти устройства могут быть использованы для базирования заготовок как с обработанной, так и с необработанной базой. К ним относятся различные самоцентрирующие патроны: трехпальцевые, цапговые, гидропластные. Конкретные конструкции самоцентрирующих устройств и область их применения изложены в главах 6 и 7.

Установка заготовок по двум отверстиям и плоскости. Установка по двум отверстиям и плоскости используется при обработке заготовок типа корпусов, плит.

Схема базирования приведена на рис. 2.14. На плоскости А расположены три опорные точки 1, 2, 3, в отверстии Б — две 5, 6 и отверстие В — одна 4. Распределение опорных точек между поверхностями, входящими в комплект баз, может быть изменено, если глубина хотя бы одного из отверстий больше его диаметра. Тогда в этом отверстии могут быть расположены четыре опорные точки, а во втором отверстии и плоскости — по одной. Такую схему можно применять, если размеры базовой плоскости больше или соизмеримы с высотой, иначе заготовка занимает недостаточное устойчивое положение.

Плоскость и два отверстия — всегда чистовые базы; плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций; отверстия, как правило, развертывают по 7...8 качеству. В качестве установочных элементов применяют опорные пластинки и два неподвижных или выдвигных пальца. Выдвигные пальцы применяют при установке крупных и тяжелых заготовок, а также для формирования положения приспособлений-спутников.

Конструктивно различают две схемы установки: на два цилиндрических пальца или на один цилиндрический и один срезанный пальцы. Граница применимости этих сочетаний определяется точностью диаметров и взаимного расположения базовых отверстий и требуемой точностью выдерживаемых на операции относительных расстояний и поворотов обрабатываемых поверхностей.

При проектировании приспособлений по первой схеме установки, т. е. с двумя цилиндрическими пальцами перед конструктором всегда стоит задача определения диаметров пальцев, допусков на их изготовление и износ, допуска на межцентровое расстояние пальцев. Исходными условиями, которыми должен руководствоваться конструктор при решении этой задачи, являются: обеспечение установки на два пальца любой заготовки с межцентровым расстоянием и диаметром отверстий в пределах задан-

ного допуска, обеспечение требуемой точности получаемых на операции размеров и взаимного положения поверхностей.

Диаметр одного из пальцев обычно задают равным номинальному размеру диаметра базового отверстия, а допуск назначают по f6, f7, e9 в зависимости от точности отверстия.

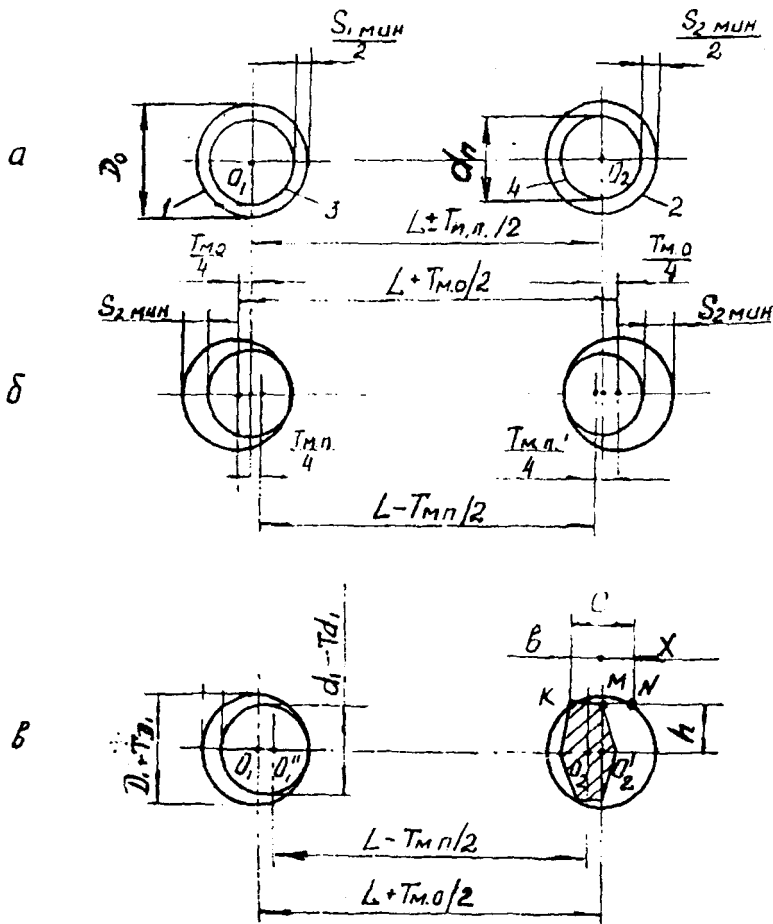


Рис. 2.15. Схема установки заготовки на два пальца

Существуют условия, определяющие возможность установки заготовок на два цилиндрических пальца. На рис. 2.15, а показано положение базовых отверстий 1 и 2 и пальцев 3 и 4 при номинальном размере межцентрового расстояния между ними L . Для выполнения условия установки рассмотрим наихудший случай (рис. 2.15, б), когда межцентровое расстояние отверстий выполнено по наибольшему предельному размеру $L+T_{м.о}/2$, межцентровое расстояние пальцев приспособления—по наименьшему $L-T_{м.п}/2$, а зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными — S_{1min} и S_{2min} . При таком положении ось каждого пальца будет смещена к середине межцентрового расстояния L на величину $T_{м.п}/4$, а ось каждого отверстия сместится от середины на величину $T_{м.о}/4$ от номинального положения осей O_1 и O_2 . Следовательно, расстояния $O'_1O''_1$ и $O'_2O''_2$ равны $T_{м.о}/4+T_{м.п}/4$. На рис. 2.15, б видно, что оси отверстий относительно осей пальцев могут сместиться на величину $S_{1min}/2$ и $S_{2min}/2$. Отсюда можно определить условия установки заготовки на два цилиндрических пальца:

$$S_{1min}+S_{2min} \geq T_{м.о}+T_{м.п} \quad (2.11)$$

Если необходимо выбрать минимальный зазор между пальцем и вторым отверстием так же, как и для первого отверстия (по $16 \dots e9$), то, как видно из условия установки заготовки, допуски на межцентровые расстояния должны быть очень малы. Это делает обработку базовых отверстий дороже. Обычно допуски на межцентровые расстояния пальцев и отверстий значительно шире допусков на их диаметры. Поэтому, чтобы выдержать условие установки заготовки на два цилиндрических пальца, диаметр второго пальца приходится уменьшить. Определим диаметр второго пальца исходя из условия, что расстояние S_{2min} равно разности между минимальным диаметром отверстия D_{o2} и максимальным диаметром пальца $d_{п2}$; т. е. $S_{2min} = D_{o2} - d_{п2}$. Подставив это выражение в уравнение (2.11), получим

$$S_{1min} + D_{o2} - d_{п2} = T_{м.о} + T_{м.п},$$

тогда

$$d_{п2} = (D_{o2} + S_{1min} - T_{м.о} - T_{м.п}) - T_{п2}, \quad (2.12)$$

где $T_{п2}$ — допуск на диаметр второго пальца.

Пример. В приспособлении необходимо установить заготовки, имеющие базовые отверстия $\varnothing 20^{+0,023}$ и межцентровые расстояния $L_{м.о} \pm 0,05$ мм и $L_{м.п} \pm 0,02$ мм. В первое отверстие устанавливают палец по посадке $i7$, имеющий размер $\varnothing 20_{-0,040}^{-0,020}$ мм. Тогда $S_{1min} = 0,020$ мм, а диаметр второго пальца $d_{п2} = (20 + 0,020 - 0,1 - 0,04)_{-0,020} = 19,88_{-0,020}$ мм.

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

Схема установки заготовок на один цилиндрический и один срезанный палец показана на рис. 2.15,в. Как видно, срез пальца увеличивает зазор X в направлении общей оси двух базовых отверстий O_1O_2 , что позволяет установить заготовки с более широким допуском. Условие установки можно записать аналогично формуле (2.11), заменив $S_{2\min}$ на X :

$$S_{1\min} + X \geq T_{м.о} + T_{м.п} \quad (2.13)$$

Величину X определим, рассмотрев два секторных треугольника O_2KM и O'_2KN , которые имеют общую высоту h . Эту высоту можно определить из каждого треугольника:

$$h^2 = (O'_2K)^2 - \left(\frac{KN}{2}\right)^2 = (OK)^2 - \left(\frac{KM}{2}\right)^2; \quad \frac{D^2_{о2}}{4} - \frac{c^2}{4} = \frac{d^2_{п2}}{4} - \frac{b^2}{4},$$

отсюда

$$c = \sqrt{D^2_{о2} - d^2_{п2} + b^2},$$

так как $c = X + b$, то

$$X = \sqrt{D^2_{о2} - d^2_{п2} + b^2} - b.$$

Тогда условие (2.13) можно записать

$$S_{1\min} + \sqrt{D^2_{о2} - d^2_{п2} + b^2} - b \geq T_{м.о} + T_{м.п},$$

и диаметр срезанного пальца

$$d_{п2} = \sqrt{D^2_{о2} + b^2 - (b + T_{м.о} + T_{м.п} - S_{1\min})^2} \quad (2.14)$$

В приведенном ранее примере для установки во второе отверстие использован срезанный палец с шириной ленточки $b = 3$ мм, тогда

$$d_{п2} = \sqrt{20^2 + 3^2 - (3 + 0,1 + 0,04 - 0,02)^2} = 19,98_{-0,02} \text{ (мм)}.$$

Как видно из приведенных расчетов для цилиндрического пальца, величина $S_{2\min} = 0,12$ мм, а для срезанного $S_{2\min} = 0,02$ мм, что значительно сокращает погрешность установки.

Погрешность базирования, т. е. смещение заготовки от его среднего положения в направлениях оси $Y-Y$ (рис. 2.16) определяется максимальным зазором между базовым отверстием заготовки и диаметром установочного пальца. Максимальный зазор на цилиндрическом пальце

$$S_{1\max} = S_1 + 0,5T_{D_{01}} + 0,5T_{п1} + 0,5T_{изн1}, \quad (2.15)$$

а на срезанном

$$S_{2\max} = S_2 + 0,5T_{D_{02}} + 0,5T_{п2} + 0,5T_{изн2}, \quad (2.16)$$

где S_1 и S_2 гарантийные радиальные зазоры; $T_{изн1}$ и $T_{изн2}$ — допуск на износ пальцев.

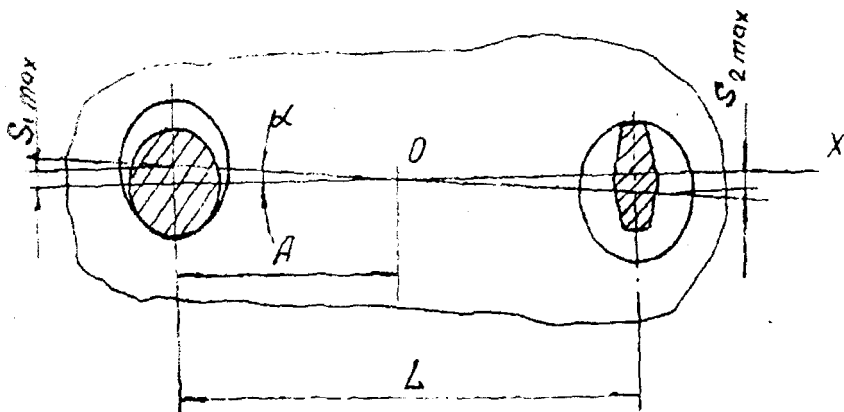


Рис. 2.16. Схема для расчета погрешности смещения и поворота заготовки при установке ее на пальцы

Кроме погрешности смещения заготовки, она за счет зазоров $S_{1\max}$ и $S_{2\max}$ может поворачиваться на угол α (см. рис. 2.16), а это вызовет погрешность базирования от поворота заготовки. Поэтому при расчете приспособления на точность необходимо определить как погрешность базирования от смещения, так и от по-

ворота заготовки. Наибольший угол поворота α заготовки от ее номинального положения будет

$$\sin \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{L} \quad (2.17)$$

Центр поворота заготовки от оси цилиндрического пальца:

$$A = \frac{S_{1\max}}{S_{1\max} + S_{2\max}} \cdot L \quad (2.18)$$

Зная угол и центр поворота заготовки, можно определить погрешность обработки заданного геометрического параметра, вызванного базированием заготовки.

По вышеприведенным формулам рассчитываются смещение и поворот заготовки при установке ее на два цилиндрических пальца.

Установочные пальцы, применяемые для базирования заготовок по двум отверстиям и плоскости, стандартизированы (рис. 2.17).

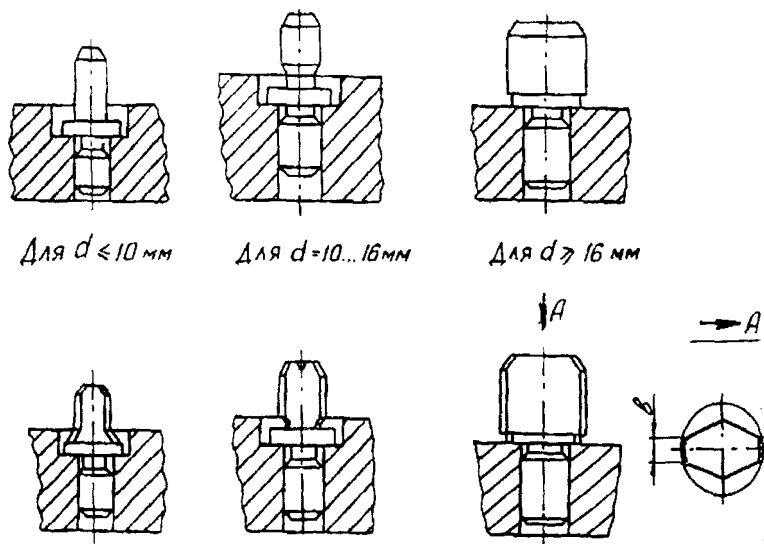


Рис. 2.17. Установочные пальцы: а—цилиндрические; б—срезанные

Следует иметь в виду, что ширина цилиндрической ленточки «в» зависит от диаметра цилиндрического пальца и принята для диаметра 4...6 мм — 1 мм, для диаметров 6...8 мм — 2 мм, для диаметров 8...12 мм — 3 мм, для диаметров 12...32 мм — 4 мм и т. д.

Установка заготовок по центровым отверстиям. Установку заготовок типа валов осуществляют по центровым базовым отверстиям (фаскам). В качестве установочных элементов применяют центры, которые устанавливают в переднюю и заднюю бабки станка. Такой способ установки широко используется благодаря простоте конструкции приспособления, отсутствию погрешности от несовмещения баз для диаметральных размеров, возможности обеспечить принцип постоянства баз при работе на различных операциях. Недостатком такой установки является необходимость предварительно обрабатывать базовые поверхности, т. е. центровые отверстия.

Установочные элементы-центры обычно имеют угол конуса 60°. Они бывают жесткие и вращающиеся. Жесткие центры выполняются различных конструкций. Например, на рис. 2.18 показаны: центр с полным конусом (а), со срезанным конусом (б),

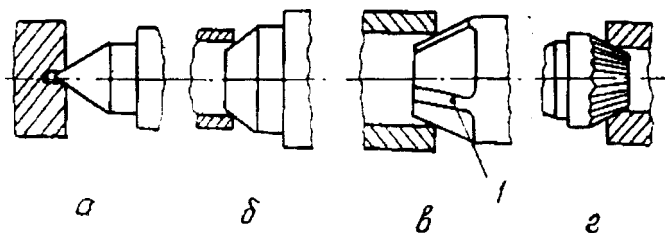


Рис. 2.18. Жесткие центры

специальный с тремя узкими ленточками 1 (в), поводковый центр (г), передающий крутящий момент заготовки своей рифленой поверхности, при приложении к заготовке осевой нагрузки от заднего центра.

Вращение заготовки после установки ее на центры осуществляется поводковыми устройствами, которые соединяются со шпинделем станка. Конструкции вращающихся и плавающих центров и поводковых устройств рассматриваются в главах 6 и 7.

2.3. Примеры выполнения расчетов точности приспособлений

Пример 1. Произвести расчет на точность оправки для чистого обтачивания наружной поверхности заготовки на токарном станке (рис. 2.19). Анализ показывает, что выполнение размера $\varnothing 55h8$ не зависит от приспособления, а величина биения заготовки не более 0,05 мм зависит от точности ее установки на оправке.

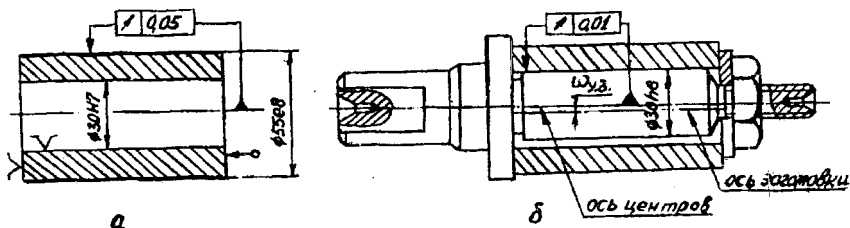


Рис. 2.19. К расчету точности обработки на токарной оправке:
а — операционный эскиз; б — приспособление

Проверим обеспечение допуска на биение $T \leq 0,05$ мм.

Погрешность операционного размера складывается из двух составляющих, связанных с методом обработки и с установкой (уравнение 1.3):

$$\omega = \omega_0 + \omega_y.$$

Погрешность установки складывается из погрешностей базирования, закрепления, неточности приспособления (уравнение 2.2.):

$$\omega_y = 1,2\sqrt{\omega_b^2 + \omega_z^2 + \omega_{пр}^2}.$$

В рассматриваемом случае на оправку устанавливается заготовка отверстием $\varnothing 30H7$. Диаметр цилиндрической поверхности оправки $\varnothing 30h6$.

Погрешность, связанная с методом обработки ω_0 , определяется жесткостью технологической системы, температурными деформациями, износом инструмента. Для рассматриваемого случая $\omega_0 = 0,01$ мм.

Погрешность базирования ω_b равна наибольшему зазору между диаметрами заготовки и оправки. По таблицам допусков $\varnothing 30H7 = \varnothing 30^{+0,021}$ мм, $\varnothing 30h6 = \varnothing 30_{-0,013}$ мм, следовательно,

$$\omega_b = S_{\max} = ES + ei = 0,013 + 0,021 = 0,034 \text{ мм.}$$

Для данного способа закрепления заготовки принимаем $\omega_z = 0$. Погрешность приспособления $\omega_{пр}$ включает в себя погрешность изготовления $\omega_{изт}$, износа $\omega_{и}$ и погрешность установки приспособления $\omega_{у-пр}$.

В данном случае $\omega_{у-пр} = 0$, так как оправка в центрах устанавливается без погрешностей, т. е. ось центральных отверстий оправки не смещается относительно оси поверхности центров. Погрешность изготовления оправки $\omega_{изт}$ есть биение опорной поверхности оправки относительно ее базовых поверхностей (центральных гнезд). Для данного случая в авиадвигателестроении $\omega_{изт} = 0,01$ мм. Износ приспособления оговаривается в технических требованиях на приспособление и применительно к оправкам погрешность износа не превышает $\omega_{и} = 0,015$ мм.

Определим результирующую погрешность:

$$\begin{aligned}\omega &= 1,2\sqrt{\omega_o^2 + \omega^2_{изт} + \omega^2_{и} + \omega^2_{у-пр}} = \\ &= 1,2\sqrt{0,01^2 + 0,034^2 + 0,01^2 + 0,015^2} = 0,048 \text{ мм}, \\ \omega &= 0,048 < T = 0,05.\end{aligned}$$

Таким образом, оправка обеспечивает заданную точность.

Пример 2. Произвести расчет на точность приспособления к револьверному станку для обработки ступенчатого отверстия (рис. 2.20). Анализ показывает, что при обработке отверстия в заготовке выдерживаются несколько размеров: $D_1, D_2, D_3, A_1, A_2, A_3, A_4, B_1$. Скопструированное приспособление оказывает влияние только на точность размера $B_1 = 50 \pm 0,06$ мм, допуск которого равен $T = 0,12$ мм.

Погрешность обработки примем равной $\omega_o = 0,015$ мм.

Для данного случая $\omega_z = 0$, так как измерительная и установочная базы заготовки совпадают. Погрешность закрепления $\omega_z = 0$.

Погрешность установки приспособления определяется зазором между буртиком переходного фланца $\varnothing 165h7$ и выточкой приспособления $\varnothing 165H7$ и смещением буртика фланца относительно оси.

По таблицам допусков $\varnothing 165h7 = \varnothing 165^{+0,012}$ мм, $\varnothing 165H7 = \varnothing 165_{-0,011}$ мм. Следовательно, зазор равен $\omega_{у-пр} = 0,04 + 0,04 = 0,08$ мм. Смещение буртика фланца равно половине его биения:

$$\omega_{у-пр} = 0,05/2 = 0,025 \text{ мм}.$$

Принимаем погрешность соединения переходного фланца с конусом шпинделя станка равной нулю.

Погрешностью изготовления приспособления фланца является отклонение размера между опорной поверхностью и осью отверстия выточки Б, которая равняется $\omega_{\text{фл}} = 0,02 + 0,02 = 0,04$ мм.

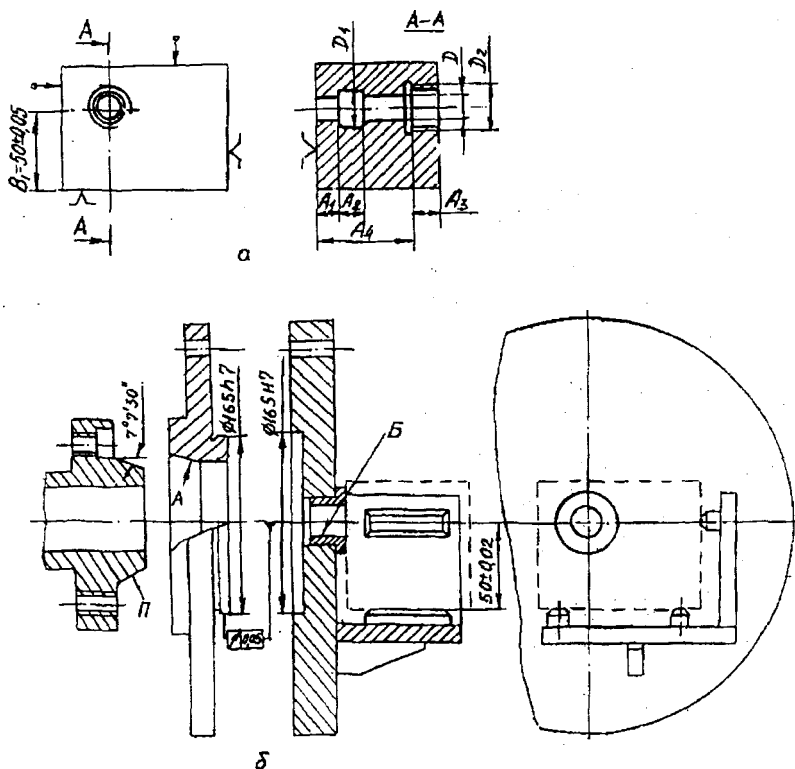


Рис. 2.20. К расчету точности обработки в приспособлении на револьверном станке: а – операционный эскиз; б – конструктивная схема приспособления

Погрешность износа приспособления является незначительной, поэтому в расчете принимаем $\omega_u = 0$.

Определим результирующую погрешность:

$$\begin{aligned} \omega &= 1,2 \sqrt{\omega_0^2 + \omega_{1y.пр}^2 + \omega_{2y.пр}^2 + \omega_{изг}^2} = \\ &= 1,2 \sqrt{0,015^2 + 0,08^2 + 0,025^2 + 0,04^2} = 0,11 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Проектируемое приспособление обеспечивает заданную точность обработки, так как $\omega = 0,11 < T = 0,12$.

Пример 3. Произвести расчет на точность приспособления для фрезерования лыски в цилиндрической заготовке, которая

базируется и закрепляется в призме с углом $\alpha = 90^\circ$ (рис. 2.21). Допуск на размер $20h11 = 20 \pm 0,065$ мм составляет $T = 0,13$ мм.

Погрешность обработки ω_6 определяется жесткостью и деформацией технологической системы под действием сил резания и температуры в зоне обработки. Для данного случая примем $\omega_0 = 0,02$ мм.

Погрешность базирования ω_6 цилиндрической заготовки в призму с углом $\alpha = 90^\circ$ определяется по формуле (2.10.):

$$\omega_6 = \frac{Td}{2} \left| \frac{1}{\sin(\alpha/2)} + 1 \right|$$

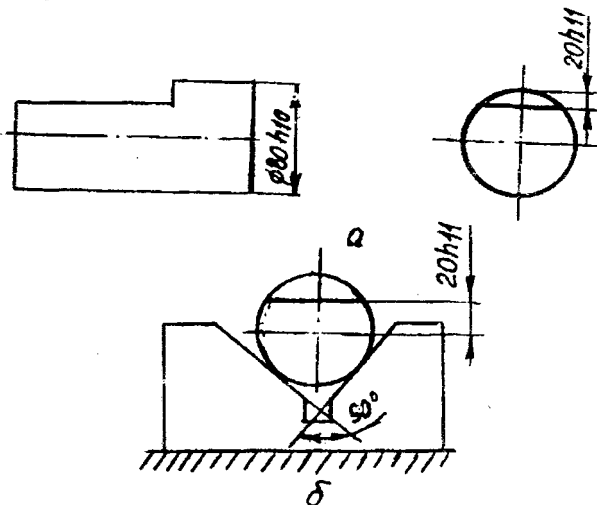


Рис. 2.21. К расчету точности обработки при фрезеровании с установкой в призму:
а – операционный эскиз; б – схема приспособления

По таблице допусков $\varnothing 80h10 = \varnothing 80_{-0,12}$ мм, тогда

$$\omega_6 = \frac{0,12}{2} \left[\frac{1}{\sin 45^\circ} + 1 \right] = 0,177 \text{ мм.}$$

Для нашего случая погрешность закрепления $\omega_3 = 0$.
Погрешность установки приспособления (призмы) не превышает $\omega_{у.пр.} = 0,02$ мм.

Определим результирующую погрешность:

$$\begin{aligned} \omega &= 1,2 \sqrt{\omega_0^2 + \omega_6^2 + \omega_{у.пр.}^2} = \\ &= 1,2 \sqrt{0,02^2 + 0,177^2 + 0,02^2} = 0,21 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Проектируемое приспособление не обеспечивает заданную точность, так как $\omega = 0,21 > T = 0,13$ мм.

Не усложняя конструкцию приспособления, целесообразно изменить простановку операционного размера (как показано на рис. 2.21, б). Тогда погрешность базирования заготовки в призму определится по формуле (2.9.):

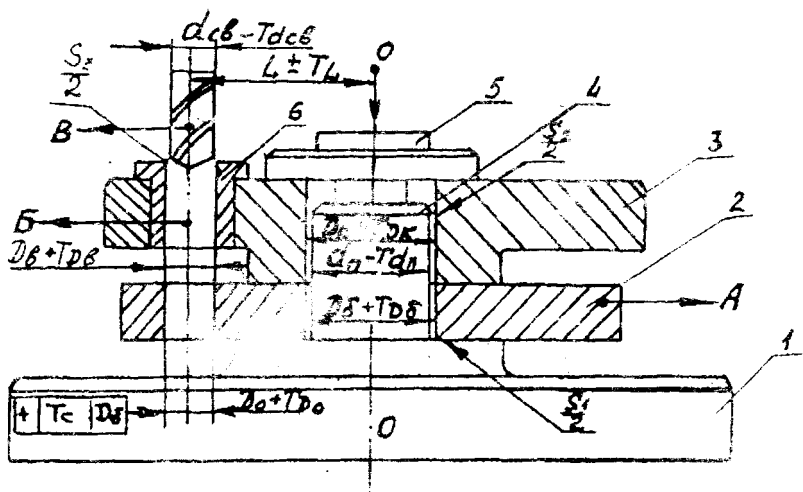
$$\omega_6 = \frac{Td}{2\sin(\alpha/2)} = \frac{0,12}{2\sin 45^\circ} = 0,092 \text{ мм.}$$

При прочих равных условиях результирующая погрешность

$$\omega = 1,2 \sqrt{0,02^2 + 0,092^2 + 0,02^2} = 0,11 \text{ мм.}$$

В данном случае приспособление обеспечивает заданную точность.

П р и м е р 4. Выполнить расчет на точность кондуктора крышечного типа (рис. 2.22). Данный кондуктор состоит из корпуса 1, в котором запрессован установочный палец 4. На пальце базируется заготовка 2 и кондукторная плита 3 с постоянной кондукторной втулкой 6. Заготовка закрепляется с помощью зажима 5.



a

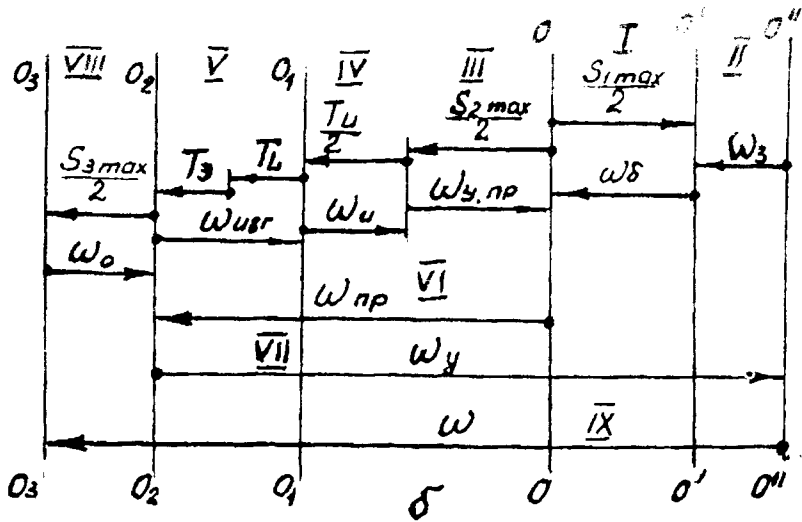


Рис. 2.22. Схема обработки заготовки в кондукторе (а) и возникающие при этом размерные цепи (б)

В операции сверления четырех отверстий выполняются два геометрических параметра: диаметр отверстия $D_0 = 6,0^{+0,08}$ мм и смещение оси отверстия от номинального положения с допуском $T_c = 0,20$ мм.

Установочными базами обрабатываемой заготовки 2 являются опорный торец и центральное отверстие $D_6^{+T_{D_6}} = 12,4^{+0,12}$ мм.

Кондуктор имеет следующие геометрические параметры: установочный палец $d_{н-Т}^{+T_{d_{н-Т}}} = 12,4g6 \left(\begin{matrix} -0,006 \\ -0,017 \end{matrix} \right)$, базовое отверстие кондукторной плиты $D_k^{+T_{D_k}} = 12,4H7^{(+0,018)}$, кондукторная втулка $D_n^{+T_{D_n}} = 6F7 \left(\begin{matrix} +0,022 \\ +0,01 \end{matrix} \right)$, сверло $d_{св-Тd}^{+T_{d_{св-Тd}}} = 6h6_{(.0,009)}$, допуск на расстояние между осями в кондукторной плите $T_L = \pm 0,03$ мм.

Из схемы обработки заготовки в кондукторе (рис. 2.22, а) видно, что погрешность параметра D_0 вызывается погрешностью метода обработки ω_0 , так как в процессе сверления происходит увеличение диаметра за счет разбивки отверстия. Величина этой погрешности ограничивается внутренним диаметром D_n кондукторной втулки, которая направляет режущий инструмент. Поэтому допустимый диаметр втулки всегда должен быть меньше наибольшего диаметра обрабатываемого отверстия.

При сверлении параметр T_c будет зависеть от смещения оси обрабатываемого отверстия от номинального положения.

Анализ схемы обработки показывает, что смещение осей отверстий происходит от многих первичных погрешностей, которые входят в погрешности ω_y и ω_n . При расчете погрешности смещения осей отверстий принимаем наихудшие условия обработки, т. е. когда при базировании и закреплении заготовка смещается по стрелке А, а кондукторная плита и сверло смещаются в противоположном направлении по стрелкам Б и В. Для определения погрешностей ω_y и ω_n , а затем и результирующей погрешности ω составим размерные цепи (рис. 2.22, б). При этом за исходную базу принимаем ось установочного пальца $0 - 0'$, а остальными осями являются $0' - 0''$ – ось базового отверстия заготовки после базирования; $0'' - 0'''$ – то же после закрепления; $0_1 - 0_1'$ – ось кондукторной плиты; $0_2 - 0_2'$ – ось кондукторной втулки; $0_3 - 0_3'$ – ось сверла. В расчетах положение осей будем рассматривать

при крайнем смещении их относительно оси установочного пальца.

Для определения результирующей погрешности необходимо прежде определить составляющие звенья цепей I–V, затем $\omega_{\text{пр}}$ и ω_y (цепи VI – VII), погрешность ω_0 (цепь VIII). После этого вычисляется результирующая погрешность (цепь IX), которая и сравнивается с допуском на смещение оси отверстия T_c :

$$\omega = \omega_0 + \omega_y < T_c.$$

Погрешность базирования ω_0 (цепь I) определяется по формуле

$$\omega_0 = \frac{S_{1\text{max}}}{2} = \frac{S_r}{2} + \frac{T_{\text{дп}}}{2} + \frac{T_{\text{изн}}}{2} + \frac{T_{D6}}{2},$$

где S_r – гарантированный посадкой зазор между пальцем и заготовкой; $T_{\text{изн}}$ – допуск на износ пальца [14].

Допуск на износ пальца закладывается при проектировании приспособления и в данном случае принят $T_{\text{изн}} = 0,012$ мм. Из полей допусков на палец и базовое отверстие имеем

$$\omega_0 = \frac{0,006}{2} + \frac{0,011}{2} + \frac{0,012}{2} + \frac{0,12}{2} = 0,075 \text{ мм.}$$

Погрешность закрепления ω_3 (цепь II) при данной конструкции кондуктора $\omega_3 = 0$.

Погрешность смещения оси кондукторной плиты относительно оси установочного пальца $\omega_{y.\text{пр}}$ (цепь III) определяется по формуле:

$$\omega_{y.\text{пр}} = \frac{S_{2\text{max}}}{2} = \frac{S_{r_2}}{2} + \frac{T_{\text{дп}}}{2} + \frac{T_{\text{дк}}}{2} = \frac{0,06}{2} + \frac{0,011}{2} + \frac{0,018}{2} = 0,0175 \text{ мм,}$$

где S_{r_2} – гарантированный посадкой зазор между пальцем и плитой.

Погрешность смещения оси кондукторной плиты ω_n (цепь IV) за счет износа установочного пальца $T_{\text{и.п}}$ и кондукторной плиты $T_{\text{и.кп}}$ (принимая 0,012) получим из зависимости:

$$\omega_n = \frac{T_{\text{и.п}}}{2} + \frac{T_{\text{и.кп}}}{2} = \frac{0,012}{2} + \frac{0,012}{2} = 0,012 \text{ мм.}$$

Погрешность смещения оси кондукторной втулки (цепь V) зависит от неточности изготовления $\omega_{изг}$ отверстий в кондукторной плите ($T_L = 0,03$ мм) и неконцентричности диаметров кондукторной втулки (обычно составляет $T_{\varnothing} = 0,005$ мм) и в нашем случае

$$\omega_{изг} = T_L + T_{\varnothing} = 0,03 + 0,005 = 0,035 \text{ мм.}$$

Получив составляющие, определяем погрешность $\omega_{пр}$, связанную с приспособлением (цепь VI), по известной зависимости (2.1):

$$\omega_{пр} = \omega_{изг} + \sqrt{3\omega_{и}^2 + \omega_{у.пр}^2} = 0,035 + \sqrt{3 \cdot 0,012^2 + 0,0175^2} = 0,075 \text{ мм.}$$

Тогда погрешность установки ω_y определяем из цепи VII по зависимости (2.2):

$$\omega_y = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{пр}^2} = 1,2 \sqrt{0,075^2 + 0^2 + 0,075^2} = 0,127 \text{ мм.}$$

Погрешность, вызванная методом обработки ω_o , приводит к смещению оси сверла относительно оси кондукторной втулки и определяется из цепи VIII:

$$\omega_o = \frac{S_{3max}}{2} = \frac{S_{гз}}{2} + \frac{T_{Дв}}{2} + \frac{T_{и.в}}{2} + \frac{T_{дсв}}{2},$$

где $S_{гз}$ - гарантированный посадкой зазор между сверлом и кондукторной втулкой; $T_{и.в}$ - допуск на износ кондукторной втулки (принимая $T_{и.в} = 0,053$ мм).

С учетом полей допусков имеем:

$$\omega_o = \frac{0,01}{2} + \frac{0,01}{2} + \frac{0,053}{2} + \frac{0,09}{2} = 0,04 \text{ мм.}$$

Суммарная результирующая погрешность ω (цепь IX) определяется по формуле (1.2):

$$\omega = \omega_0 + \omega_y = 0,04 + 0,127 = 0,167 \text{ мм.}$$

После выполнения расчета делаем заключение по оценке годности кондуктора по расчетной точности и видим, что он обеспечивает заданную точность, так как $\omega = 0,167 < T_c = 0,2 \text{ мм.}$

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется базированием?
2. В каком случае применяются вспомогательные опоры?
3. Какие требования предъявляются к установочным элементам ?
4. Каковы пути уменьшения погрешности установки заготовок в приспособлении?
5. В каком случае призма используется в качестве установочного элемента?
6. Когда возможна установка заготовки на два пальца?

Глава 3. Зажимные элементы приспособлений

3.1. Назначения зажимных элементов и требования к ним

Зажимные устройства (зажимы) предназначены для обеспечения контакта заготовки с установочными элементами и создания надежного закрепления ее в процессе обработки. При этом заготовке придается повышенная жесткость и виброустойчивость, что позволяет вести обработку с заданной точностью и производительностью. В отдельных случаях заготовку можно не закреплять, например, когда масса ее велика, а силы резания малы или когда силы резания направлены так, что прижимают заготовку к установочным элементам и не вызывают ее смещение.

Все зажимные устройства приспособлений можно разделить на три вида.

К первому (рис. 3.1, а) относят зажимные устройства, имеющие в своем составе силовой механизм (СМ) и привод (П), который создает исходное усилие P_u , преобразуемое силовым механизмом в усилие закрепления Q , обеспечивает перемещение контактного элемента (К). Такие зажимы называются механизированными. Используемые в этих условиях приводы достаточно разнообразны: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, механические и т. д.

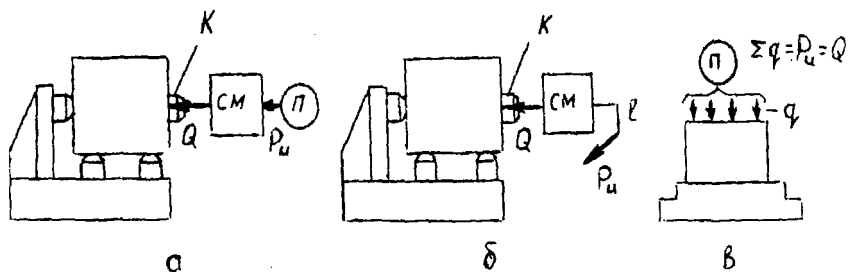


Рис. 3.1. Схемы зажимных устройств

Ко второму виду (рис. 3.1, б) относят зажимные устройства, состоящие лишь из силового механизма, который приводится в действие непосредственно рабочим, прилагающим исходное усилие P_u на плече l . Эти устройства называются зажимными с ручным приводом.

К третьему виду (рис. 3.1, в) относят зажимные устройства, которые в своем составе не имеют силового механизма, а используемые приводы лишь условно можно назвать приводами, так как не вызывают перемещений элементов зажимного устройства и только создают усилия закрепления Q . Усилие Q в этих устройствах является равнодействующей равномерно распределенной нагрузки, непосредственно действующей на заготовку и создаваемой либо в результате атмосферного давления (при наличии вакуума с противоположной стороны заготовки), либо посредством магнитного силового потока. К таким зажимам относятся вакуумные и магнитные устройства.

По конструкции зажимные устройства разделяются на простые и сложные (комбинированные). Простые состоят из одного механизма и сила зажима в закрепляемой заготовке передается непосредственно через одно звено. К ним относятся: винтовая пара, клин, эксцентрик, пружина. Комбинированные зажимы состоят из двух или нескольких простых механизмов.

По числу точек приложения силы закрепления зажимы разделяют на единичные и многократные. Последние закрепляют одновременно одну заготовку по нескольким точкам или несколько заготовок одновременно с равными силами.

По источнику силы различают ручные и механизированные зажимы, причем последние всегда имеют силовой привод.

Зажимные устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

при закреплении не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое при ее базировании;

закрепление должно быть надежным, чтобы во время обработки положение заготовки не изменялось;

при закреплении деформации и смятия поверхностей заготовки должны находиться в допустимых пределах;

зажимы должны обеспечивать равномерное закрепление заготовок, особенно в многоместных приспособлениях;

закрепление и раскрепление заготовок должно осуществляться с минимальной затратой сил и времени;

зажимы должны быть надежными в работе, простыми по конструкции, удобными и безопасными в обслуживании.

Несоблюдение этих требований может привести к возникновению погрешностей обработки, а изменение положения заготовки в процессе резания — и к поломке режущего инструмента, и к травматизму рабочего.

Выполнение требований, предъявляемых к зажимным устройствам приспособлений, достигается благодаря рациональному выбору схемы закрепления и величины зажимного усилия Q . Выбор схемы закрепления заготовки производят одновременно с разработкой способа ее базирования, результатом которого является определение места приложения и направления зажимного усилия. При этом необходимо пользоваться следующими рекомендациями:

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

б) для обеспечения контакта заготовки с опорным элементом и устранения возможного ее сдвига при закреплении зажимное

усилие следует направлять перпендикулярно к поверхности опорного элемента. В отдельных случаях зажимное усилие можно направлять так, чтобы заготовка одновременно прижималась к поверхностям двух опорных элементов;

в) для уменьшения смятия поверхностей заготовки при закреплении необходимо уменьшить давление в местах контакта зажимного устройства с заготовкой путем рассредоточения зажимного усилия. Это достигается применением в зажимных устройствах контактных элементов соответствующей конструкции, которые позволяют распределить зажимное усилие равномерно между двумя или тремя точками, а иногда даже по некоторой протяженной поверхности, а также установкой упоров, воспринимающих избыточные, непоглощенные трением, силы резания;

г) для уменьшения вибраций и деформаций заготовки под действием силы резания следует повышать жесткость системы «заготовка—приспособление» путем увеличения числа поверхностей зажатия заготовки и приближения их к обрабатываемой поверхности.

3.2. Определение сил зажима при различных способах установки заготовки

При обработке на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера, создавая возможное смещение заготовки. По величине, направлению и месту приложения силы резания являются переменными величинами. При неустановившемся режиме (врезании инструмента) сила резания возрастает от нуля до максимума и уменьшается от максимума до нуля (выход инструмента). При установившемся режиме она также не постоянна и изменяется в определенных пределах в зависимости от изменения твердости заготовки, неравномерности припуска и затупления режущего инструмента. Колебание силы резания может быть 10—30% и более ее номинальной величины. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности, поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания все более возрастает.

Объемные силы — силы тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы—возникают при определенных условиях обработки. Сила тяжести заготовки действует и учитывается при ее установке на вертикальные или наклонно расположенные элементы. В процессе обработки резанием масса заготовки непрерывно

уменьшается и изменяется положение ее центра тяжести. Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения. Величина действующих на заготовку центробежных сил и моментов при динамическом дисбалансе сопоставима с силами резания при чистой обработке. Инерционные силы (моменты) возникают тогда, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большими угловыми ускорениями (например, при торможении шпинделя). Обычно эти силы и моменты малы по сравнению с силами и моментами резания.

Направление и точка приложения силы резания изменяется вследствие перемещения инструмента вдоль обрабатываемой поверхности и изменения условий обработки. Силы резания и моменты, создаваемые ими, оказывают воздействия на заготовку: стремятся повернуть заготовку относительно установочных элементов приспособления, сдвинуть заготовку с установленного положения в приспособлении, вырвать заготовку из зажимного устройства. Несмотря на это, заготовка должна сохранять в процессе обработки неизменное положение относительно опорных элементов приспособления.

Силы и моменты резания, действующие на заготовку, определяют по нормативам и формулам теории резания металлов применительно к конкретному виду обработки.

В процессе обработки действительные силы резания могут существенно отличаться от расчетных вследствие колебания механических свойств самого материала, наклепа и поверхностной корки заготовок, притупления режущего инструмента, неравномерности снимаемого припуска и в силу других причин. Кроме того, при принятой схеме расчета потребной силы зажима возможны различные состояния контакта (снятия поверхностей, наличие смазки, различная шероховатость и т. п.) между опорными поверхностями приспособления и заготовкой, заготовкой и зажимом. Все эти изменения сил резания и состояния контакта расчетным путем учесть невозможно. Поэтому в практических расчетах величину силы резания, найденную расчетным путем, умножают на коэффициент надежности закрепления K .

Таким образом, расчет потребной силы зажима заготовки производят с учетом коэффициента надежности закрепления.

Например, чтобы в процессе обработки заготовка не повернулась относительно установочных элементов приспособления, принимают

$$M_{\text{зак}} = K \cdot M_{\text{рез}},$$

где $M_{\text{зак}}$ — потребный момент закрепления (трения); $M_{\text{рез}}$ — момент силы резания.

Чтобы в процессе обработки заготовка не сдвинулась с установочного положения, принимают

$$Q \cdot f = K \cdot P_0,$$

где Q — потребная сила зажима (зажимные усилия); f — коэффициент трения; P_0 — сила резания, вызывающая осевое перемещение или сдвиг заготовки.

Чтобы в процессе обработки заготовку не вырвало из зажимного устройства, принимают $M_{\text{зак}} = K \cdot M_{\text{выр}}$, где $M_{\text{выр}}$ — момент силы резания, вызывающий вырывание или опрокидывание заготовки.

Значение коэффициента надежности закрепления K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки: для черновых этапов обработки рекомендуется принимать $K = 2,0 \dots 2,5$, для чистовых отделочных и для обработки заготовок из цветных металлов $K = 1,3 \dots 1,5$.

Величину необходимого зажимного усилия определяют на основе решения задачи статики, рассматривая равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил. Для этого необходимо составить расчетную схему, т. е. изобразить на схеме базирования заготовки все действующие на нее силы: силы и моменты резания, зажимные усилия, реакции опор и силы трения в местах контакта заготовки с опорными элементами и зажимными устройствами. Расчетную схему следует составлять для наиболее неблагоприятного местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности.

По расчетной схеме устанавливают направление возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания, определяют величину проекций всех сил на направление перемещения и составляют уравнение сил и моментов.

На основании решения уравнений статики получают формулы для расчета зажимного усилия Q , обеспечивающего надежное закрепление заготовки. Проиллюстрируем это на примерах.

Пример 1. На операции фрезерования плоскости (рис. 3.2) при принятом способе базирования и схеме закрепления заготовки длиной l под действием сил резания она может поворачиваться относительно точки O и сдвигаться в вертикальном направлении.

Из условия равновесия заготовки уравнение моментов имеет вид

$$Q \cdot a + F \cdot l = P_2 \cdot b + P_4 \cdot l,$$

где P_2 , P_4 — силы резания; F — сила трения ($F = Q \cdot f$).

После введения коэффициента надежности K уравнение примет вид

$$Q \cdot a + Q \cdot f \cdot l = (P_{zB} + P_{ql}) K,$$

откуда

$$Q = \frac{K(P_{zB} + P_{ql})}{a + fl},$$

где f — коэффициент трения между заготовкой и зажимами.

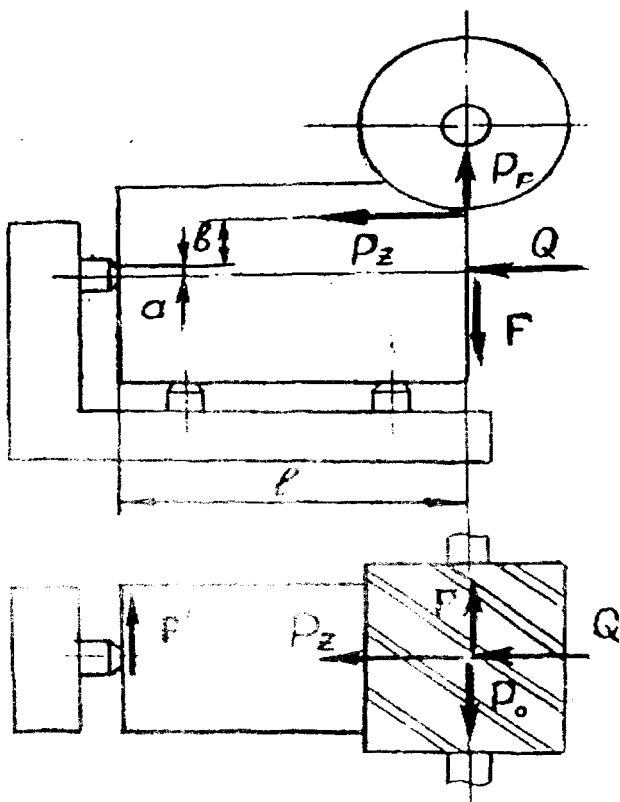


Рис. 3.2. Схема к определению величины зажимного усилия, удерживающего заготовку при фрезеровании

Осевая сила P_0 стремится повернуть заготовку. Удерживать ее в приспособлении будут силы трения между заготовкой и опорными элементами приспособления (F') и между заготовкой и зажимными устройствами (F). Уравнение сил с учетом коэффициента надежности закрепления имеет вид

$$Q \cdot f + Q \cdot f' = K \cdot P_0,$$

откуда

$$Q = \frac{K \cdot P_0}{f + f'},$$

где f' — коэффициент трения между заготовкой и опорными элементами приспособления.

Пример 2. При сверлении отверстия в заготовке (рис. 3.3), закрепленной в трехкулачковом патроне, она может перемещаться вдоль кулачков под действием силы резания P_0 и провертываться в кулачках под действием момента резания $M_{рез}$. Необходимо приложить такое усилие зажима, чтобы не было ни перемещения, ни провертывания заготовки относительно кулачков. В зависимости от формы насечки на кулачках сопротивление перемещению и провертыванию может быть различным, так как при этом могут быть разными коэффициенты трения.

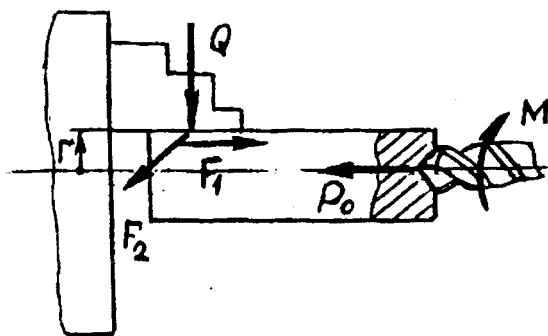


Рис. 3.3. Схема к определению величины зажимного усилия при сверлении отверстия в заготовке, закрепленной в патроне

Допустим, что при перемещении заготовки в кулачках вдоль оси коэффициент трения будет f_1 , а при провертывании — f_2 .

Силы трения между кулачком и заготовкой будут составлять: при провертывании $F_2 = Q \cdot f_2$; при перемещении $F_1 = Q \cdot f_1$.

Определим величину зажимного усилия при условии недопустимости

перемещения заготовки в кулачках. Пользуясь принятыми обозначениями и имея в виду, что у патрона три кулачка, со-

ставим уравнение сил: $3F_1 = P_0$. После подстановки значения F_1 и введения коэффициента K , уравнение примет вид

$$3Q \cdot f_1 = K \cdot P_0,$$

откуда

$$Q = \frac{KP_0}{3f_1}.$$

Теперь определим величину зажимного усилия при условии недопустимости проворачивания заготовки в кулачках. Так как заготовка зажата в трех кулачках, уравнение моментов будет иметь следующий вид:

$$3F_2 \cdot r = M_{\text{рез}},$$

где r — радиус наружной цилиндрической поверхности заготовки на участке закрепления ее в кулачках.

После подстановки значения F_2 и введения коэффициента K получим

$$3Q \cdot f_2 \cdot r = K \cdot M_{\text{рез}},$$

откуда

$$Q = \frac{KM_{\text{рез}}}{3f_2 \cdot r}.$$

Из полученных двух значений усилия закрепления выбирают наибольшее.

Пример 3. При фрезеровании паза (рис. 3.4) заготовка устанавливается и крепится двумя прихватами. Возникающая в процессе обработки сила резания P_z будет стремиться сдвинуть заготовку и оторвать ее от опоры. При отрыве заготовка будет поворачиваться относительно точки O .

Сдвигу заготовки будут препятствовать силы трения, возникающие между опорой и заготовкой, а также между прихватами и заготовкой. Уравнение сил можно записать

$$Q \cdot f \cdot n + Q \cdot f_1 \cdot n = P_z.$$

После введения коэффициента надежности K уравнение имеет вид

$$Q \cdot n (f + f_1) = K \cdot P_z,$$

откуда

$$Q = \frac{KP_z}{n(f + f_1)},$$

где n — количество прихватов; f — коэффициент трения при

сдвиге заготовки относительно опоры; f_1 — коэффициент трения при сдвиге заготовки относительно прихвата.

Уравнение момента, вызывающего отрыв заготовки относительно точки O , будет иметь вид

$$Q \cdot a + Q(a + L) = K[P_z A + P_r(L - a)],$$

где a — расстояние от точки O до точки приложения силы Q ; L — расстояние между прихватами; A — операционный размер.

Окончательно имеем

$$Q = \frac{K[P_z \cdot A + P_r(L - a)]}{2a + L}.$$

В приспособлениях силы трения возникают на поверхностях контакта заготовки с опорными элементами, а также в местах контакта зажимных устройств с поверхностью заготовки. Величина коэффициента трения зависит от многих факторов. При использовании приспособлений его определение связано с дополнительными трудностями. В приспособлениях в ряде случаев имеются трущиеся поверхности, на которых преднамеренно

выполнена насечка различной формы и направленности. При закреплении зубцы насечки вдавливаются в тело обрабатываемой заготовки, причем величина вдавливания зависит от величины нормальной силы реакции в местах контакта. Возникающие на таких поверхностях силы, препятствующие повороту или перемещению заготовки, строго говоря, нельзя называть силами трения. Более правильно их называть силами сопротивления перемеще-

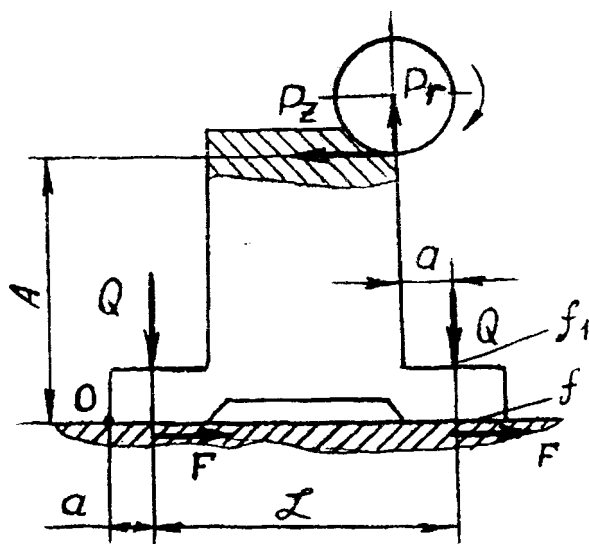


Рис. 3.4. Схема к определению величины зажимного усилия при фрезеровании паза

нию. Однако для простоты и краткости в дальнейшем будем применять термин «коэффициент трения» и обозначать его f .

В приспособлениях встречается много различных сочетаний контактных поверхностей, различающихся по форме, состоянию поверхности, твердости и т. д. Значения коэффициента трения для некоторых сочетаний контактных поверхностей приведены ниже.

После определения величины усилия зажима Q конструктор выбирает тип зажимного устройства. При этом учитывается величина усилия зажима, размеры и конфигурация заготовки, характер выполняемой операции, тип производства. Для выбранного силового механизма необходимо определить исходное усилие P_n , которое должно обеспечивать создание требуемого зажимного усилия Q .

При выборе силового механизма с ручным приводом необходимо учитывать, что рабочий может приложить к рукоятке или ключу исходное усилие не более $P_n = 150$ Н.

Значения коэффициента трения

Характеристики контактируемых поверхностей	Значения f
Обработанная поверхность заготовки контактирует с плоскостью опорных элементов (пластин, магнитной плиты и т. п.) или плоскостью контактных элементов зажимных устройств	0,10...0,15
Обработанная поверхность заготовки контактирует с опорным элементом по линии (базирование на призму) или сфере (базирование на опорный штырь со сферической головкой)	0,18...0,30
Необработанная поверхность заготовки контактирует с закаленным опорным элементом с насечкой	0,5...0,8
Контактный элемент при закреплении соприкасается с цилиндрической поверхностью заготовки (при установке в кулачках, в цапге и т. п.) и имеет:	
гладкую поверхность	0,25
кольцевые канавки	0,35
крестообразные канавки	0,45
Контактный элемент соприкасается с необработанной поверхностью и имеет:	
кольцевые канавки	0,4...0,5
насечку	0,5...0,8

В настоящее время отработано и опробовано на практике большое количество схем и конструкций силовых механизмов. Многие из них нормализованы и включены в отраслевые нормалы, поэтому конструктор имеет возможность выбрать ту конструктивную схему, которая наиболее полно удовлетворяет конкретным условиям работы проектируемого приспособления.

3.3. Схемы простых зажимных устройств

К простым зажимам относят винтовые, клиновые, эксцентриковые пружинные зажимы.

Винтовые зажимы имеют широкое распространение, они просты по конструкции и позволяют создать большую силу закрепления. Существенным недостатком является то, что при закреплении затрачивается сравнительно большое вспомогательное время. Закрепление осуществляется болтом или гайкой.

Схемы зажимов показаны на рис. 3.5. Непосредственное воздействие торца зажимного болта на заготовку вызывает смятие поверхности и поэтому допускается при закреплении необработанных или грубо обработанных заготовок (рис. 3.5, а). Зажимные болты изготавливают из стали 45 с закалкой головки и рабочего конца до HRC, 35...40. Применение промежуточной резьбовой втулки (В) облегчает ремонт после износа соединений. Обточка рабочего конца болта на диаметр d_1 выполняется для удобства его вывинчивания (при необходимости) из втулки.

В тех случаях, когда на зажимаемой поверхности заготовки вмятины от действия винта недопустимы, применяют опорные пяты (рис. 3.5, б). Опорная пята прикрепляется шарнирно к рабочему концу зажимного болта и дает возможность передать давления на большую площадь, уменьшив тем самым удельное давление. Шарнирное закрепление пяты предохраняет зажимной болт от изгиба даже при наклонном положении зажимной поверхности заготовки.

Гайками для закрепления заготовок в приспособлениях пользуются при базировке по отверстию (рис. 3.5, в). Зажимные гайки приспособлений работают в сочетании с разрезными (быстросменными) шайбами, которые дают возможность производить установку и снятие заготовки при небольшом отвинчивании гайки.

Зажим заготовок непосредственно клином используется очень редко. Однако клин в сочетании с другими звеньями механизма зажима получил широкое распространение благодаря простоте и компактности конструкции, надежности в работе. Применение в

зажимом механизма клина обеспечивает увеличение исходной силы привода, перемену направления исходной силы, самоторможение механизма. Если клиновой механизм применяют для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно равен 45° , а если для увеличения силы зажима или повышения надежности закрепления, то угол клина принимают равным $6-15^\circ$.

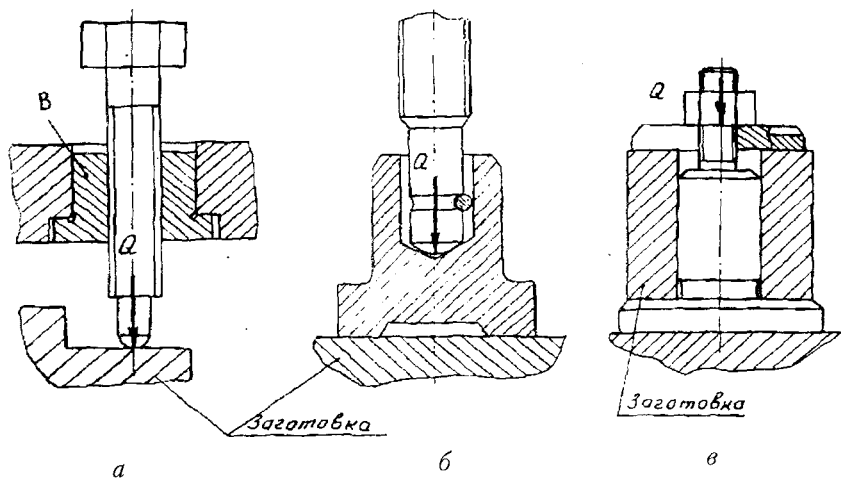


Рис. 3.5. Схема винтовых зажимов: а - зажим непосредственно торцом болта; б - зажим с опорной пятой; в - зажим гайкой с быстросменной шайбой

Действие клина непосредственно на поверхность заготовки допускать не рекомендуется во избежание повреждения последней. Для этого используют промежуточное звено механизма зажима (рис. 3.6). Перемещение клина происходит с помощью пневматики, гидравлики или вручную — винтом.

Эксцентрики являются весьма распространенным средством зажима заготовок в приспособлениях. Это объясняется относительной простотой их изготовления, удобством в использовании и быстротой действия. Имея преимущество перед винтовыми зажимами в скорости действия, эксцентрикковые зажимы уступают им в универсальности, силе зажатия и надежности закрепления. Лучшими условиями для работы эксцентрикковых зажимов является отсутствие значительных толчков и вибраций в процессе обработки заготовки.

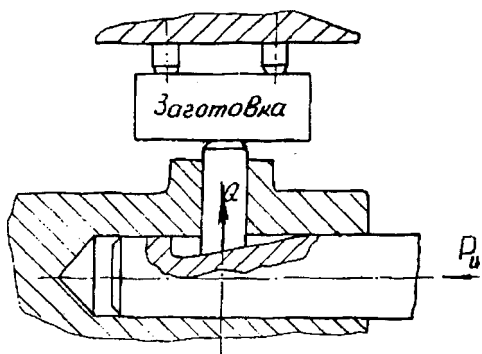


Рис. 3.6. Схема клиноплунжерного механизма

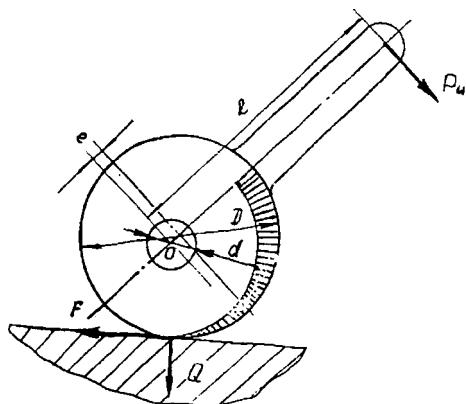


Рис. 3.7. Схема распределения сил в круговом эксцентрике: D – наружный диаметр эксцентрика; d – внутренний диаметр эксцентрика; e – эксцентриситет; l – плечо; P_u – исходное усилие

Эксцентрик представляет собой соединение в одной детали двух элементов—круглого диска радиуса $(D/2-e)$ и плоского односложного клина (рис. 3.7). При повороте эксцентрика вокруг оси вращения диска O клин входит в зазор между диском и заготовкой и развивает силу зажима Q .

Рабочая поверхность эксцентриков может быть окружностью (круговые) или спиралью (криволинейные). Различие их заключается в том, что в развертке круговых эксцентриков плоский клин получается криволинейным с переменным углом α в зависимости от угла поворота β , а у криволинейных эксцентриков α не зависит от угла β . Это означает, что криволинейные эксцентрики создают стабильную силу зажима в партии заготовок, а кру-

говые—нет. При зажиме круговыми эксцентриками в зависимости от колебания размера заготовок в партии изменяется рабочий угол поворота β , а следовательно, угол α и сила зажима Q . В то же время технология изготовления круговых эксцентриков значительно проще, чем криволинейных. Материалом для изготовления эксцентриков служат стали марки 20 или У7А. В первом случае эксцентрик подвергается цементации и закалке до твердости HRC₃ 55...60, а во втором случае производится закалка до твердости HRC₃ 48...52.

Для определения усилия зажима силовыми механизмами в табл. 3.1. приведены расчетные формулы.

3.4. Схемы сложных зажимных устройств

Сложные зажимные устройства состоят из двух или нескольких простых зажимных механизмов. Зажимы, состоящие из рычага в сочетании с винтовым, эксцентриковым или клиновым механизмом, называют прихватами.

Конструкции прихватов приведены на рис. 3.8. Прихват представляет собой механизм, состоящий из рычага в сочетании с одним из простых зажимов (винтовым, эксцентриковым, клиновым). Отодвигаемый винтовой прихват (рис. 3.8, а) находит наиболее широкое применение в конструкциях приспособлений. В исходном состоянии прижимная планка 1 (рычаг) с винтом 2 находится в левом положении, обеспечивая свободную установку заготовки. Пружина через конусную шайбу передает усилие на прижимную планку, удерживая ее в верхнем положении. После установки заготовки на установочные элементы приспособления рычаг с винтом передвигается в правое крайнее положение. Вращением винта 2 с помощью ключа осуществляется крепление заготовки планкой 1. С целью предохранения поворота прихвата при зажиме заготовки винт 2 располагается в пазу опорной планки 3, закрепленной на корпусе.

Одна из конструкций эксцентриковых прихватов приведена на рис. 3.8, б. В исходном состоянии прижимная планка 1 с эксцентриком 2 находится в правом крайнем положении. После установки заготовки они перемещаются в левое крайнее положение. Вращением ручки эксцентрика по часовой стрелке производят крепление заготовки. Назначение остальных элементов конструкции такое же, как и в конструкции прихвата (рис. 3.8, а). Применение прихватов с эксцентриковым механизмом позволяет сократить вспомогательное время на закрепление заготовки.

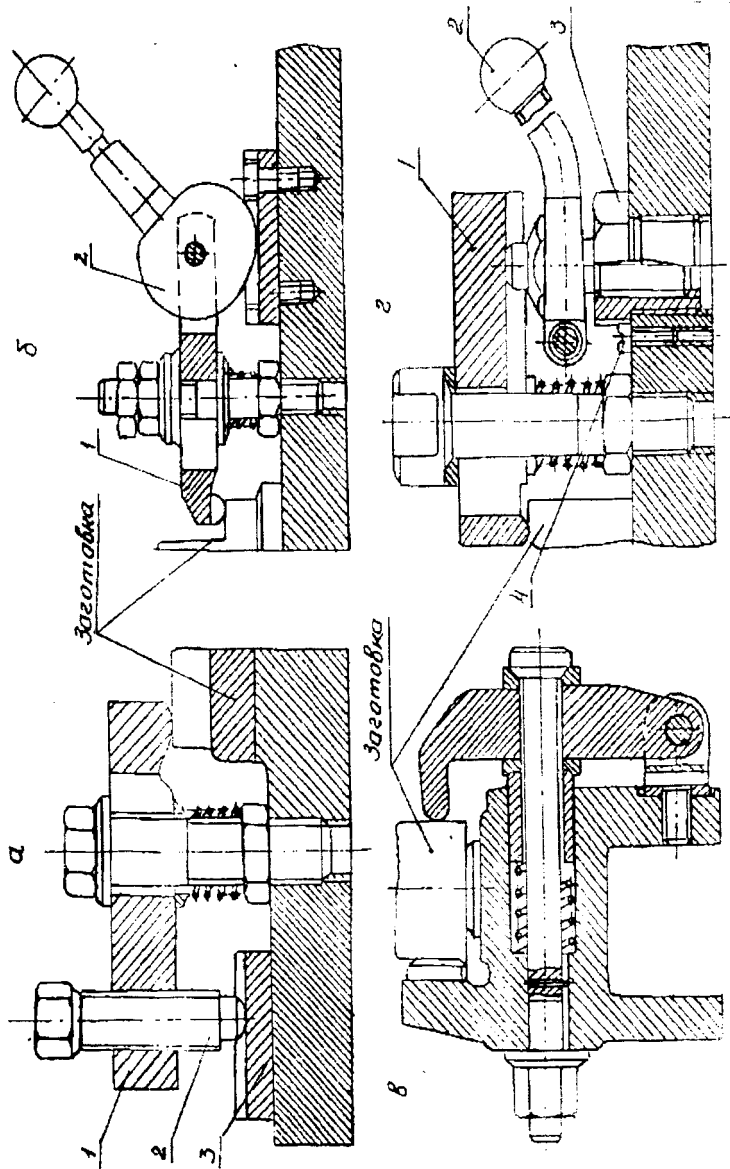
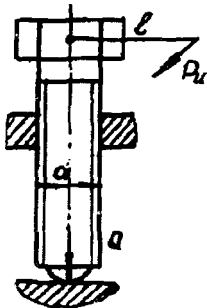


Рис. 3.8. Прихваты: а — винтовой; б — эксцентриковый; в — боковой; г — с винтовым домкратом

Расчетные формулы для усилия зажима
простых силовых механизмов

Винтовые механизмы

Винт со сферическим торцом

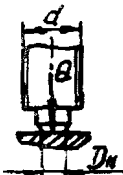


$$P_u = \frac{\gamma_{cp} \cdot \operatorname{tg}(d + \varphi_{np})}{l} \cdot Q$$

Приближенно для винтов с
резьбой М8...М52:

$$P_u \approx \frac{d}{10l} \cdot Q$$

Винт с плоским торцом

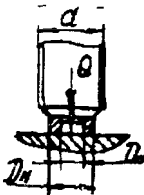


$$P_u = \frac{\gamma_{cp} \cdot \operatorname{tg}(d + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} f \cdot D_u}{l} \cdot Q$$

Приближенно для винтов
с резьбой М8...М52;

$$P_u \approx \frac{Qd + 0,05 D_u}{l} \cdot Q$$

Винт с кольцевой поверхностью
опорного торца

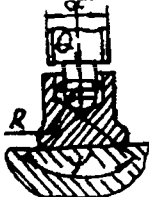


$$P_u = \frac{\gamma_{cp} \cdot \operatorname{tg}(d + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} f \cdot \frac{D_u^2 - d^2}{D_u - d}}{l} \cdot Q$$

Приближенно для винтов
с резьбой М8...М52;

$$P_u \approx \frac{Qd + 0,05 \frac{D_u^2 - d^2}{D_u - d}}{l} \cdot Q$$

Винт с баняком

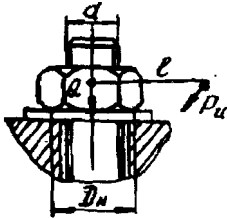


$$P_u = \frac{\gamma_{cp} \cdot \operatorname{tg}(d + \varphi_{np}) + f \cdot R \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}}{l} \cdot Q$$

Приближенно для винтов
с резьбой М8...М52:

$$P_u \approx \frac{Qd + 0,15 R \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}}{l} \cdot Q$$

При использовании гайки



$$P_{и} = \frac{\psi_{сп} \operatorname{tg}(\alpha + \psi_{сп}) + \frac{f}{3} \cdot \frac{D_{и}^3 - d^3}{D_{и}^2 - d^2}}{l} \cdot Q$$

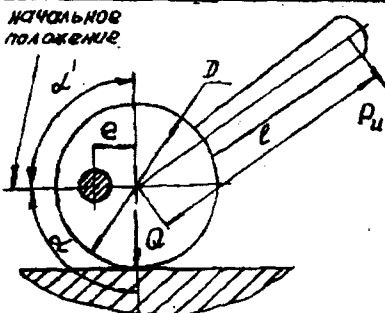
Приближенно для винтов с резьбой М8...М52:

$$P_{и} \approx \frac{0,1d + 0,05 \frac{D_{и}^3 - d^3}{D_{и}^2 - d^2}}{l} \cdot Q$$

- Q - зажимное усилие;
 $P_{и}$ - исходное усилие;
 l - плечо, на котором прилагается исходное усилие;
 $2r_{сп}$ - средний диаметр резьбы винтов;
 α - угол подъема резьбы винта (для метрической резьбы $\alpha = 2^\circ 30'$);
 $\psi_{сп}$ - приведенный угол трения в резьбе ($\psi_{сп} = 10^\circ 30'$);

- d - диаметр резьбы винта;
 f - коэффициент трения между опорным торцом и заготовкой;
 $D_{и}$ - наружный диаметр опорного торца винта или гайки;
 $D_{ин}$ - внутренний диаметр опорного торца винта или гайки;
 R - радиус торца винта;
 ψ - угол опорной поверхности бабчика

Эксцентрикные механизмы



$$P_{и} = \frac{e [1 + \sin(\alpha' + \psi)]}{l} Q$$

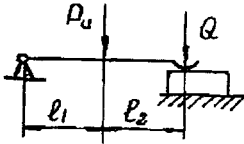
Приближенно при $\psi = 8^\circ$ и $\alpha' = 82^\circ$:

$$P_{и} = \frac{2e}{l} \cdot Q$$

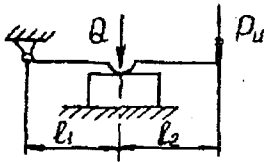
- e - эксцентриситет эксцентрика;
 $\alpha' = (180^\circ - \alpha)$
 α - угол поворота эксцентрика от начального положения;

- ψ - угол трения в месте приложения зажимного усилия
 $(\operatorname{tg} \psi = f = 0,12-0,15)$

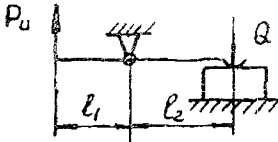
Рычажные механизмы



$$P_u = \frac{l_1 + l_2}{l_1 \cdot \eta} \cdot Q$$



$$P_u = \frac{l_1}{(l_1 + l_2) \eta} \cdot Q$$

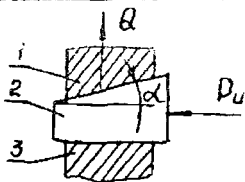


$$P_u = \frac{l_2}{l_1 \cdot \eta} \cdot Q$$

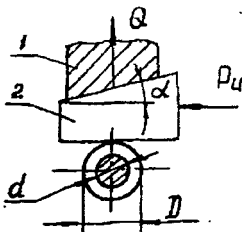
Q - зажимное усилие;
 P_u - исходное усилие;

l_1, l_2 - плечи рычагов;
 η - коэффициент, учитывающий потери на трение в опоре рычага ($\eta = 0,85$)

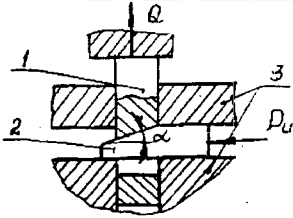
Клиновые и клинообразные механизмы



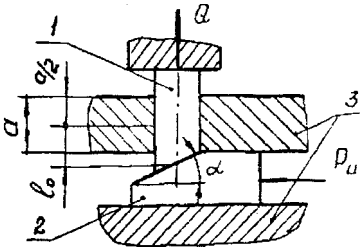
$$P_u = [\operatorname{tg}(d + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1] \cdot Q$$



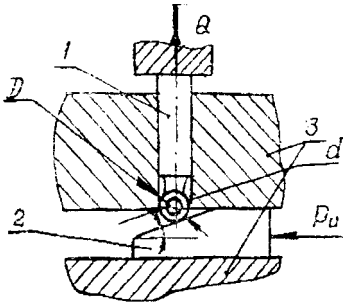
$$P_u = [\operatorname{tg}(d + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{np}] \cdot Q$$



$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}{1 - \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \cdot Q$$



$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}{1 - \frac{3l_0}{\alpha} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2} \cdot Q$$



$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2} \cdot Q$$

- 1 - плунжер;
- 2 - клин;
- 3 - корпус;
- P_u - исходное усилие;
- Q - зажимное усилие;
- α - угол клина;
- φ - угол трения между плунжером и клином ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,1-0,15$);
- φ_1 - угол трения между клином и корпусом ($\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 = 0,1-0,15$);

- φ_{np} - приведенный угол трения между клином и роликом ($\operatorname{tg} \varphi_{np} = f \cdot \frac{d}{D}$);
- φ_2 - угол трения между плунжером и корпусом ($\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2 = 0,1-0,15$);
- φ_{1np} - приведенный угол трения между клином и роликом ($\operatorname{tg} \varphi_{1np} = f_1 \cdot \frac{d}{D}$);
- α, l_0 - размеры механизма

На рис. 3.8, в изображена конструкция бокового прихвата. Зажим осуществляется одновременно в горизонтальном и вертикальном направлениях за счет установки рычага на оси.

На рис. 3.8, г приведена конструкция прихвата с винтовым домкратом. Передача усилия на заготовку осуществляется через рычаг 1 вращением рукоятки 2. Для предохранения корпуса от износа вмонтирована переходная резьбовая втулка 3, которая стопорится винтом 4.

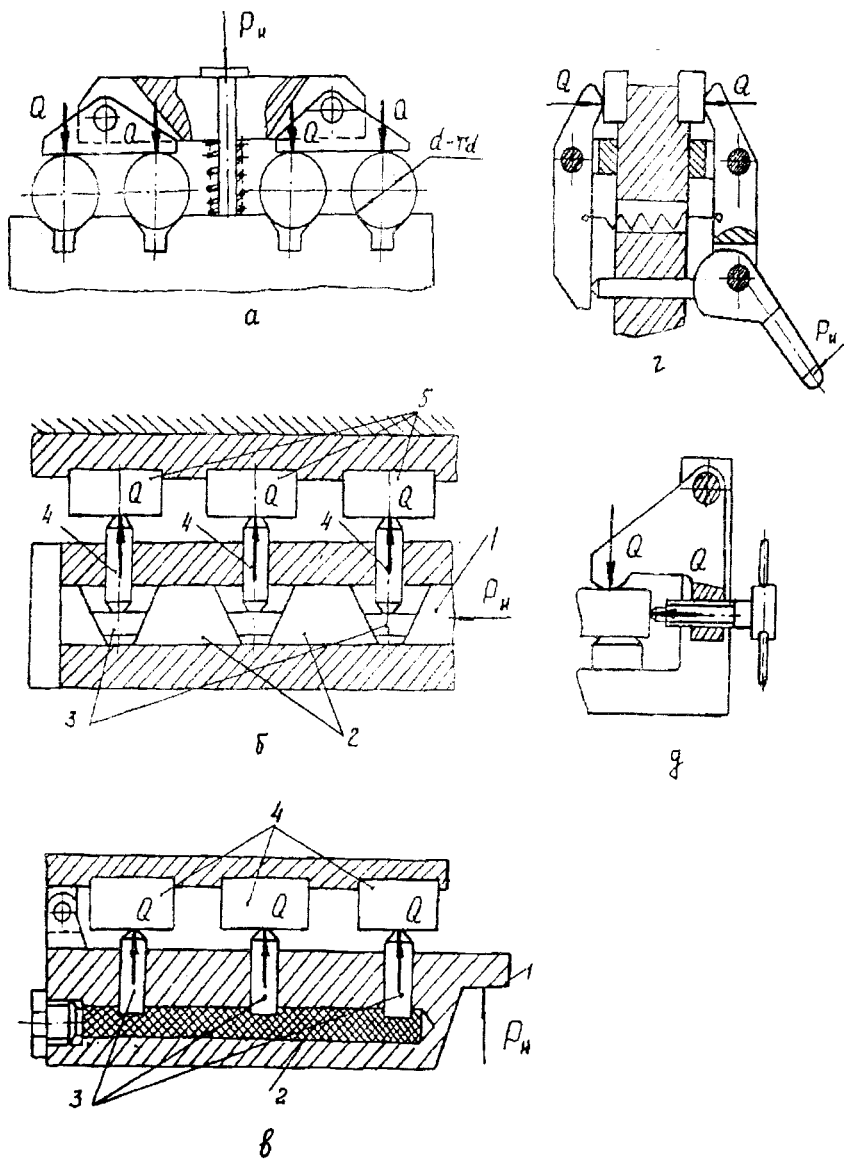
Прихваты — комбинированные зажимные устройства—применяют для увеличения сил закрепления, изменения величины хода зажимающего элемента, изменения направления сил зажима, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления.

Многократные зажимы применяют для одновременного закрепления одной заготовки в разных точках или нескольких заготовок от одного силового источника. Это позволяет сократить вспомогательное время на операцию. Основным требованием, предъявляемым к многократным зажимам, является равенство зажимных сил. Для того чтобы обеспечить равенство сил зажима, ведомые звенья механизма должны составлять заблокированную систему, развивающую силу зажима независимо от колебаний размеров заготовок.

Конструкции многократных зажимов по принципу действия можно разделить на группы, приняв за классификационный признак направление сил зажима. Можно выделить следующие группы: последовательного действия, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (закрепление пакета заготовок); параллельного действия, зажимающие заготовки в нескольких параллельных направлениях; со встречными силами зажима; с пересекающимся направлением сил.

На рис. 3.9, а, б показаны механизмы параллельного действия. Механизм (рис. 3.9, а) прост и надежен в работе, но при большом количестве заготовок оказывается громоздким и неудобным. Механизм на рис. 3.9, б компактен. Под действием силы P_n система подвижных клиньев 1, 2, 3 перемещает плунжеры 4 до тех пор, пока они не зажмут заготовки 5. Недостатки этого механизма: низкий КПД, силы зажима Q при одинаковых углах клиньев неодинаковы из-за потерь на трение; для выравнивания Q углы клиньев нужно делать разными, что усложняет изготовление.

Этих недостатков лишены зажимы с гидропластом (рис. 3.9 в), так как гидропласт обладает способностью передавать давление по всем направлениям без изменения. От силового источника P_n



Р и с. 3.9. Схемы многократных зажимов

рычаг 1 и гидропласт 2 перемещают плунжеры 3, которые с одинаковой силой Q зажимают заготовки 4.

На рис. 3.9, г, д показаны механизмы со встречными и пересекающимися линиями действия сил зажима. При применении таких механизмов исходная сила привода равна сумме сил зажима отдельных заготовок с учетом передаточных отношений механизмов и их КПД.

В табл. 3.2 представлены расчетные формулы для определения усилия зажима наиболее часто применяемых сложных силовых механизмов.

3.5. Пружинные, полиуретановые и пружинно-гидравлические зажимы

В пружинных зажимных механизмах элементом, преобразующим исходную силу привода P_n в силу зажима Q , является пружина. Сила Q обеспечивается сжатием пружины на необходимую величину f_n . Применяют две схемы построения пружинных зажимов, представленные на рис. 3.10. В схеме на рис. 3.10, а необходимое сжатие пружины 3 достигается перемещением штока привода 5. Под действием пружины плунжер 2 передает на заготовку 1 силу Q . Сила зажима Q ограничена неподвижным упором 4, воспринимаящим на себя избыточную силу привода Q' .

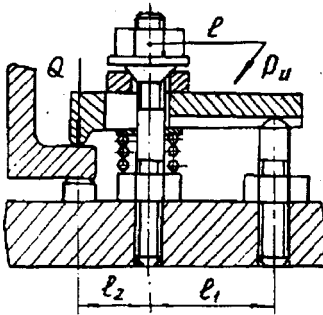
В схеме на рис. 3.10, б необходимое сжатие пружины 3 регулируется гайкой 4 при настройке приспособления. Сила Q передается на заготовку 1 через тягу 2. Для открепления заготовки шток 5 привода силой P_n подает вправо тягу 2, дополнительно сжимая пружину 3. Для таких зажимов применяют стандартные пружины, выбирая по требуемой силе Q и величине деформации.

В настоящее время в приспособлениях широкое применение находит полиуретан — высокопрочная резина от светло-желтого до темно-коричневого цвета в зависимости от марки.

Прочность полиуретана в 6—8 раз выше прочности резины. Он обладает большой эластичностью, незначительной остаточной деформацией при многократных сжатиях под большим давлением, маслостойкостью, а также анизотропными свойствами. При высокой износостойкости и прочности полиуретан-эластомер упруго деформируется при приложении к нему усилия, несжимаем, в закрытых камерах при своей деформации передает давление во все стороны равномерно. Усилие, развиваемое сжатым полиуретаном, пропорционально деформации. Температурный диапазон эксплуатации деталей из полиуретана составляет от -40 до $+80^\circ\text{C}$. Основные физико-механические свойства отдельных марок полиуретана приведены в табл. 3.3.

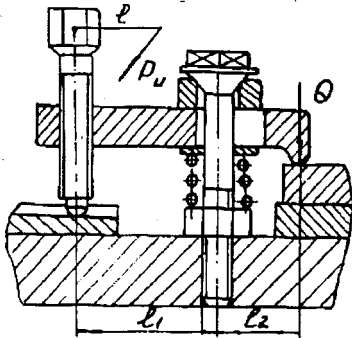
Таблица 3.2

Расчетные формулы для определения усилия зажима
сложных силовых механизмов

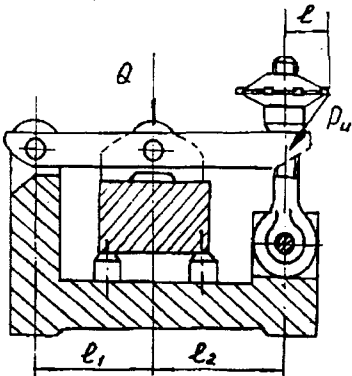


$$P_u = \frac{\gamma_{ep} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} f \frac{D_n^3 - d^3}{D_n^2 - d^2}}{l} \times$$

$$\times \frac{l_1 + l_2}{l_1 \cdot l_2} Q$$

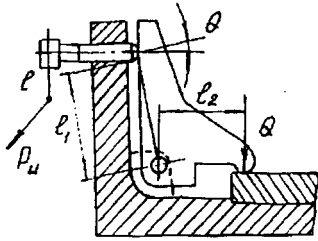


$$P_u = \frac{\gamma_{ep} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{l} \cdot \frac{l_2}{l_1 \cdot l_2} Q$$

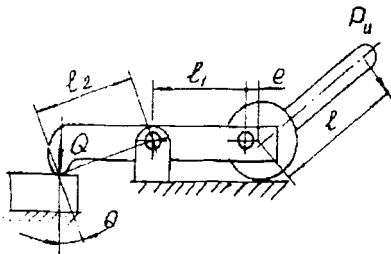


$$P_u = \frac{\gamma_{ep} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} f \frac{D_n^3 - d^3}{D_n^2 - d^2}}{l} \times$$

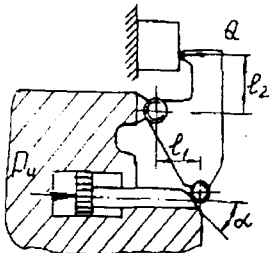
$$\times \frac{l_1}{(l_1 + l_2) \cdot l_2} Q$$



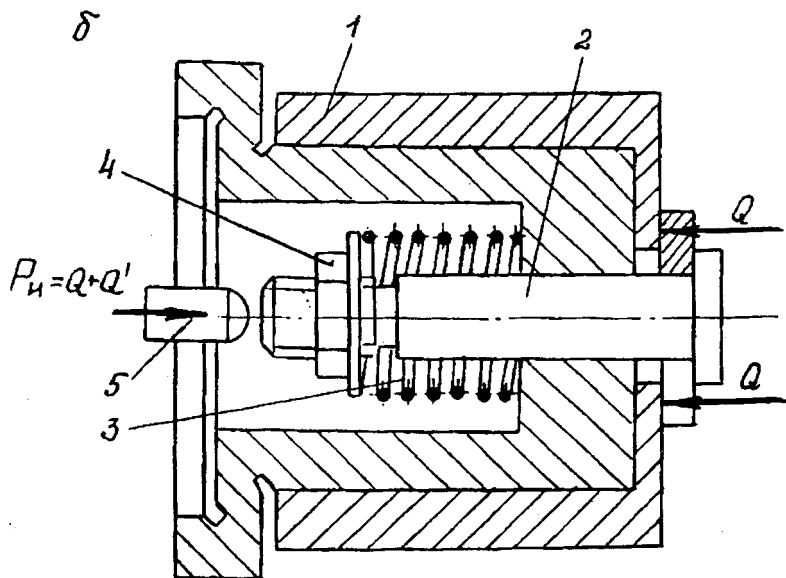
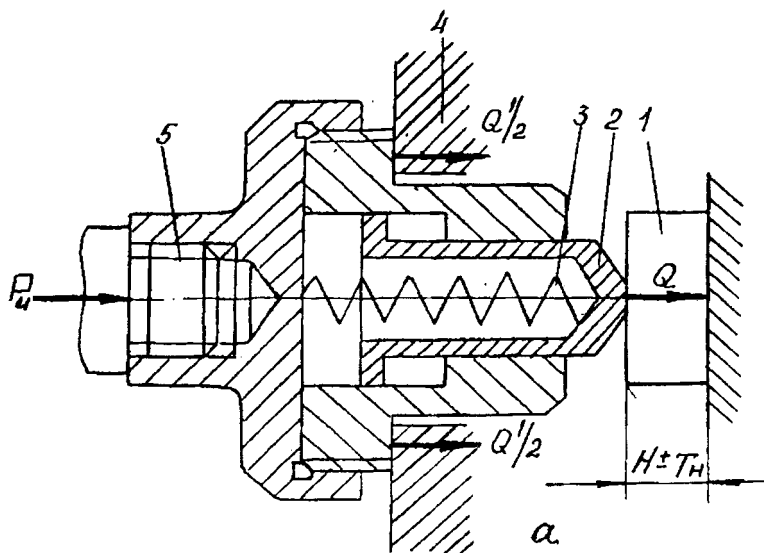
$$P_u = \frac{\gamma_{\text{пр}} \operatorname{tg}(d + \psi_{\text{пр}})}{l} \cdot \frac{l_2}{l_1 \gamma \cos \theta} \cdot Q$$



$$P_u \approx \frac{e[1 + \sin(\alpha + \varphi)]}{l} \cdot \frac{l_2 \cos \theta}{l_1 \gamma} \cdot Q$$



$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(d + \psi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}(d + \psi_{\text{пр}})} \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{i}{\gamma} \cdot Q$$



Р и с. 3.10. Схемы пружинных зажимов

Физико-механические свойства отдельных марок полиуретана

Показатели	Адеприн Л-167	Адеприн Л-100	СКУ-70	СКУ—ПФЛ марки А
Условная прочность при растяжении на разрыв, МПа	30	30	30	30
Относительное удлине- ние, %, не менее	300	400	370	300
Остаточное удлинение, %, не более	—	—	4	10
Твердость по Шору	85	85	16—86	86

Учитывая высокие прочностные и упругие свойства полиуретана его целесообразно применять в зажимных устройствах вместо спиральных и тарельчатых пружин, а также взамен жидкой среды и гидропластмассы, он хорошо работает в закрытых камерах под давлением. Полиуретан находит применение в многократных зажимах многоместных приспособлений, в конструкциях поводковых токарных патронов и других приспособлениях.

В корпус 3 (рис. 3.11) помещен поводковый патрон с плавающим центром 8, который во время установки заготовки пружиной 2 перемещается вправо за линию вылета поводковых ножей 7. Длина вылета центра ограничивается винтом 5 и проточкой на обратном конце центра. При установке заготовки и поджиге ее центром задней бабки в направлении А заготовка перемещает центр 8 и входит в контакт с поводковыми ножами 7. Основание ножей сжимает полиуретановую шайбу 6 до тех пор, пока усилие ее сжатия не обеспечит внедрение поводковых ножей в торец заготовки на величину, необходимую для передачи крутящего момента от сил резания. При этом центр 8 упрется в жесткий упор 4, который регулируется на нужную величину винтом 1. Избыточная величина зажимного усилия задней бабки принимается жестко установившимся на упор центром, а усилие, необходимое для внедрения поводковых ножей в торец заготовки, обеспечивается упругой силой, образованной сжатой полиуретановой шайбой.

Пружинно-гидравлическая зажимная оснастка не используется в случаях, когда требуются большие силы зажима. Основным преимуществом этих зажимных устройств являются большая сила за-

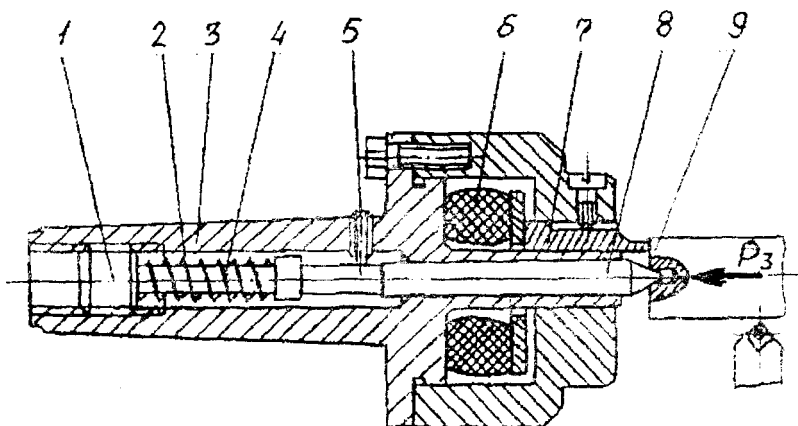


Рис. 3.11 Поводковый патрон с упругой полиуретановой шайбой

жима при малой массе и размерах, высокое быстродействие, широкая возможность механизации и автоматизации, что особенно важно для станков с ЧПУ и автоматических станочных линий.

В пружинно-гидравлической зажимной оснастке используют два основных типа зажимных устройств: пружинно-гидравлические цилиндры и пружинно-гидравлические тиски. Пружинно-гидравлические цилиндры осуществляют зажим заготовки с помощью прихватов или других устройств, а базирование заготовки при ее обработке на станке осуществляется устройствами, не относящимися к цилиндру. Пружинно-гидравлические тиски могут осуществлять как зажим, так и базирование заготовки. В отличие от гидравлической зажимной оснастки в пружинно-гидравлических устройствах зажим заготовки осуществляется с помощью тарельчатых пружин, а гидропривод используется в большинстве случаев лишь для разжима заготовки. По направлению действия силы зажима различают тянущие и толкающие цилиндры.

Тянущий пружинно-гидравлический цилиндр (рис. 3.12, а) состоит из двух основных частей: пружинной камеры 12, в которой расположен пружинный агрегат, состоящий из тарельчатых пружин 6 и соединенных с ними деталей, и гидравлической камеры 8, куда подводится рабочая жидкость под давлением через трубопровод 10 от внешнего источника питания. Сила зажима Q раз-

вивается цилиндром за счет действия комплекта тарельчатых пружин 6 при отсутствии давления рабочей жидкости в гидравлической камере 8 между дном цилиндра 5 и поршнем 7.

На заготовку 4 действует сила

$$Q = P_n \frac{l_1}{l_1 + l_2} .$$

При работе цилиндра его корпус закрепляется на столе 9 станка. Работа цилиндра происходит следующим образом. Для освобождения заготовки 4 подводится давление рабочей жидкости в гидравлическую камеру 8. Под действием этого давления поршень 7 перемещается вверх и сжимает комплект тарельчатых пружин 6. При этом шток 13 с гайкой 1 также перемещается вверх и освобождает прихват 3, прижатый к упору 11 и заготовке 4.

После установки следующей заготовки гидравлическая камера 8 соединяется со сливной гидролинией, давление в этой камере снижается, и поршень 7 со штоком 13 под действием тарельчатых пружин 6 стремится переместиться вниз. Развиваемая цилиндром сила зажима P_n передается через шток 13, гайку 1 и сферическую шайбу 2 на прихват 3.

В толкающем пружинно-гидравлическом цилиндре (рис. 3.12.б) при подводе рабочей жидкости через гидролинию 4 в гидравлическую камеру 5 поршень 6 перемещается вниз, сжимая тарельчатые пружины 7 и освобождая заготовку 8. При соединении гидравлической камеры 5 со сливной гидролинией тарельчатые пружины 7 перемещают поршень 6 со штоком 3 вверх, при этом на прихват 2 действует сила P_n и происходит зажим заготовки 8 с силой Q , определяемой по формуле $Q = P_n l_1 / l_2$.

3. 6. Схемы силовых приводов к зажимным элементам

Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходной силы тяги P_n , необходимой для зажима заготовки силой Q . Кроме этого, силовые приводы используются для механизации и автоматизации приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота приспособления, включения и выключения станка, удаления стружки, транспортирования заготовок и др. Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую, необходимую для работы зажимных механизмов. В связи с этим приводы обычно классифицируют по виду преобразуемой энергии. В приспособлениях используют следующие приводы: пневматические, гидравли-

ческие, пневмогидравлические, электрические магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные.

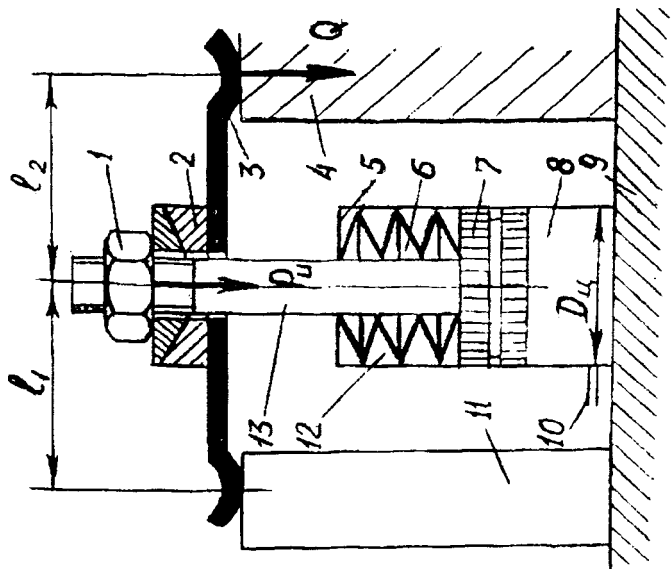
Главными особенностями приводов является быстрота действия и возможность получения стабильности усилия закрепления заготовки, а также значительное облегчение труда рабочего.

По степени автоматизации различают механизированные и автоматизированные приводы. Отличительной особенностью автоматизированного привода является освобождение рабочего от приемов по управлению им.

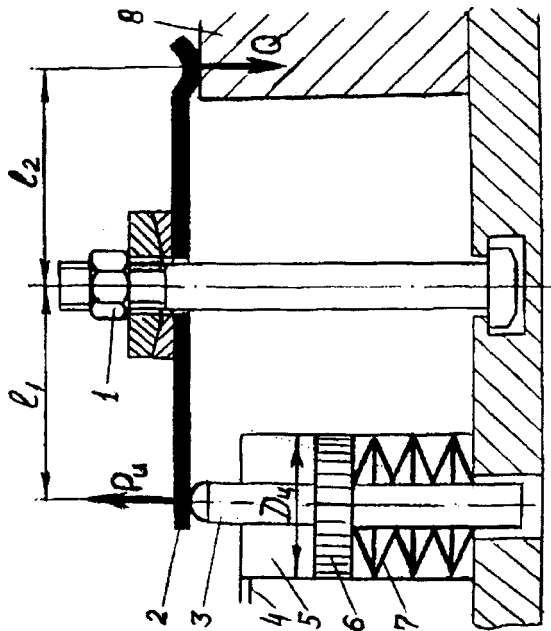
Пневмоприводы получили наибольшее распространение. Этому способствует то, что во всех производственных цехах, авиадвигателестроительных и агрегатных заводах, имеются подводящие магистрали сжатого воздуха, который является исходной энергией и используется в пневматических приводах (давление сжатого воздуха 0,4...0,6 МПа). Пневмоприводы применяются в различных приспособлениях благодаря быстродействию (скорость срабатывания 0,5...2,0 с), простоте конструкции, удобству управления, надежности и стабильности в работе. Вместе с тем пневмоприводы имеют и недостатки: неплавное перемещение штока, большие габаритные размеры силовых агрегатов (так как низкое давление воздуха), шум при выпуске отработанного воздуха.

Пневмопривод включает в себя следующие части: силовой агрегат—пневмодвигатель, преобразующий энергию сжатого воздуха в силу P_n на штоке; пневмоаппаратуру (контролирующие приборы, распределительные устройства и др.); воздухопроводы. Как правило, в одну конструкцию с приспособлением скomпонован пневмодвигатель. Остальные устройства размещают вне приспособления, и с помощью воздухопроводов их соединяют с приспособлением. Конструкции пневмодвигателей и вся пневмоаппаратура стандартизованы. Поэтому обычно выбирают для данного приспособления стандартизованный привод и только в отдельных случаях приходится проектировать специальный пневмопривод.

Пневмодвигатели (рис. 3.13) разделяют на поршневые и камерные (диафрагменные). Поршневые чаще применяются в приспособлениях к станкам токарного типа, а камерные—фрезерным, сверлильным приспособлениям. Основными деталями поршневого двигателя являются цилиндр и поршень (рис. 3.13,а). Пневмокамеры (рис. 3.13,б) представляют собой конструкцию, состоящую из двух литых или штампованных чашек, между которыми зажата упругая диафрагма из специальной резины или прорезиненной ткани. Величина хода штока пневмокамеры ограничена возможной упругой деформацией диафрагмы, ход штока поршневого пневмодвигателя таких ограничений не имеет.

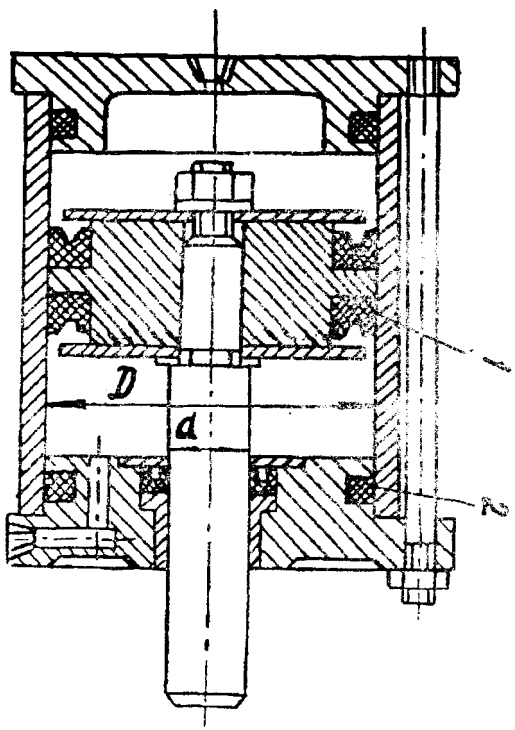


а

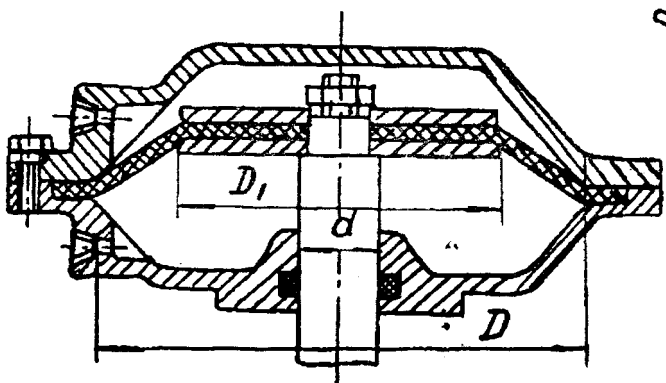


б

Р и с. 3.12. Схема пружинно-гидравлического зажима с тянущим (а) и толкающим (б) цилиндрами



а



б

Р и с. 3.13. Типы пневмодвигателей двухстороннего действия: а - поршневой; б - камерный

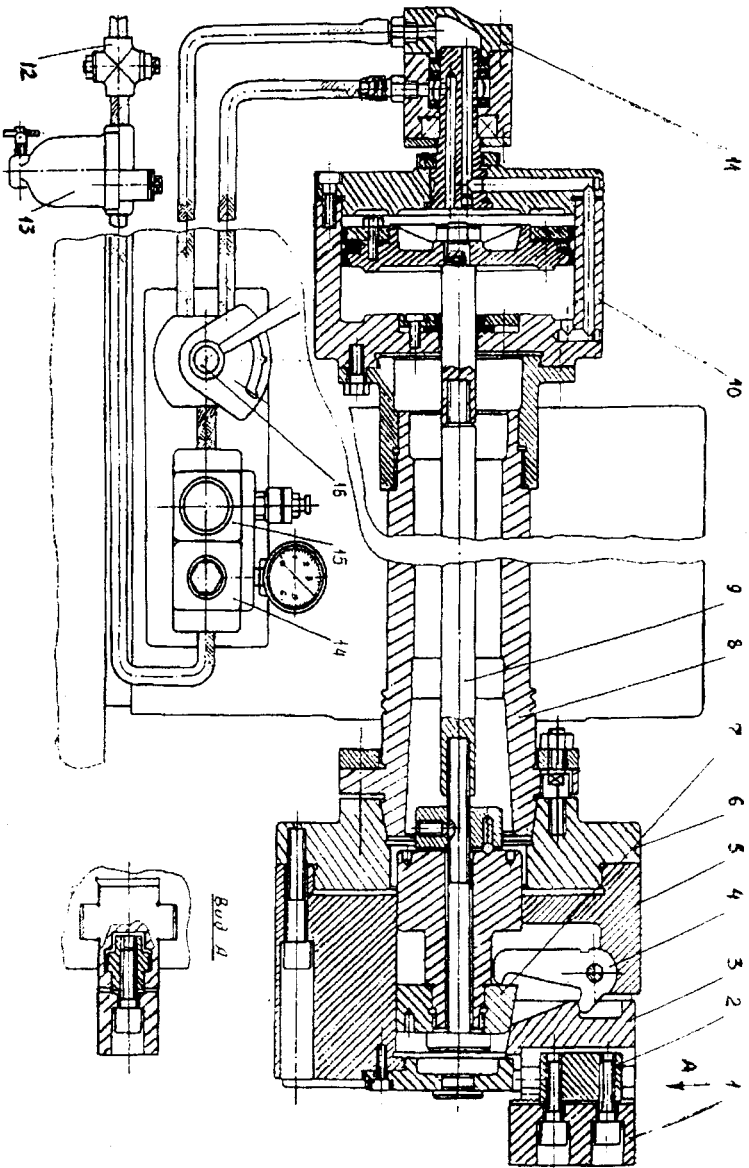
В поршневых пневмодвигателях необходимо герметизировать рабочие полости, для этого применяют уплотнения на поршне и штоке. Уплотнения довольно быстро изнашиваются (обычно срок их службы не превышает 10 тыс. циклов). Диафрагмы более долговечны, они выдерживают до 600 тыс. циклов. Уплотнения являются ответственными конструктивными элементами пневмодвигателей. Они устанавливаются в кольцевых зазорах между поршнем и цилиндром, штоком и крышкой и в неподвижных соединениях, где возможна утечка воздуха. В современных пневмодвигателях применяют две разновидности уплотнений (рис. 3.13, а): 1 — манжеты V-образного сечения; 2 — кольца круглого сечения из мастойкой резины.

Пневмодвигатели могут быть одностороннего действия, в которых рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой — усилием пружины и двустороннего действия. Приводы одностороннего действия применяют в тех случаях, когда не требуется большой ход штока и когда на обратном ходе не требуется большой силы отвода зажимных элементов в исходное положение. Приводы двустороннего действия находят применение, когда требуется большой ход штока, необходимо приложить значительную силу для возврата в исходное положение зажимных элементов, оба хода должны быть рабочими. В таких цилиндрах (или камерах) воздух поочередно поступает в правую или левую полость.

По методам компоновки с приспособлением пневмоприводы могут быть прикрепляемыми, встроенными, агрегатируемыми.

Прикрепляемые приводы — это стандартизированные агрегаты, которые прикрепляют к корпусу приспособления. При износе привода он может быть легко заменен новым. Прикрепляемые приводы бывают трех типов, отличающихся способом крепления на корпусе, — неподвижные, качающиеся и вращающиеся. Неподвижные приводы крепят к приспособлению с помощью ножек или фланцев. Качающиеся приводы применяют для предотвращения изгиба штока при соединении его с качающимся рычагом. Вращающиеся цилиндры применяются для закрепления заготовок на токарных и круглошлифовальных станках, а также в поворотных приспособлениях.

На рис. 3.14 приведена конструкция трехкулачкового рычажного универсального патрона с пневмоприводом, установленным на заднем конце шпинделя передней бабки токарного станка. Здесь же показана пневматическая аппаратура. Корпус патрона 5 через переходной фланец 6 устанавливается на коническую поверхность шпинделя станка 8. Такое соединение обеспечивает более высокую точность центрирования патрона. Кулачки 3 приводятся в



Р и с. 3.14. Трехклапчатковый патрон с пневмоприводом

движение рычагом 4 от скользящей муфты 7, которая с помощью винта соединена с тягой 9 пневмопривода 10. Сжатый воздух от сети через впускной кран 12, водоотделитель с фильтром 13, обратный клапан 14, регулятор давления 15 и распределительный кран 16 поступает в воздухоприемную муфту 11 пневмопривода, перемещая поршень влево, а следовательно, кулачки—к центру патрона. При подаче воздуха в левую полость цилиндра поршень перемещается вправо, и с помощью косых срезов муфты 7 кулачки расходятся и раскрепляют заготовку. Конструкции прикрепляемых пневмодвигателей стандартизованы в пределах рабочих диаметров 25...400 мм.

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

Агрегатиремый пневмодвигатель представляет собой самостоятельный механизм, закрепляемый на станке отдельно от приспособления. Часто в его конструкции вводят рычажный усилитель. Таким пневмодвигателем можно приводить в действие несколько последовательно устанавливаемых на станок приспособлений для крепления различных заготовок. Такие приводы используют в серийном производстве.

В гидроприводах исходной энергией является энергия сжатых рабочих жидкостей (обычно масла). На рис. 3.15 приведена структурная схема гидропривода станочного приспособления для зажима заготовки 6 рычагом 5. Гидропривод состоит из масляной ванны 1, гидронасоса 2, управляющей аппаратуры 3 (гидрораспределитель), силового агрегата поршневого типа 4 (гидроцилиндр), контрольно-регулирующей аппаратуры 7 (предохранительный и обратный клапаны, гидроаккумуляторы, редукционные клапаны, дроссели, манометры) и трубопроводов 8. Конструкции гидроприводов и способ их компоновки с приспособлением такие же, как и в пневмоприводе, и оговорены теми же стандартами.

По сравнению с пневмоприводом гидропривод имеет следующие преимущества:

резко уменьшает габаритные размеры силовых агрегатов, а следовательно, и всего приспособления в связи с тем, что давление масла в 10—30 раз выше, чем воздуха. При этом сокращается расход металла, увеличивается жесткость приспособления, что позволяет вести обработку на максимальных режимах резания;

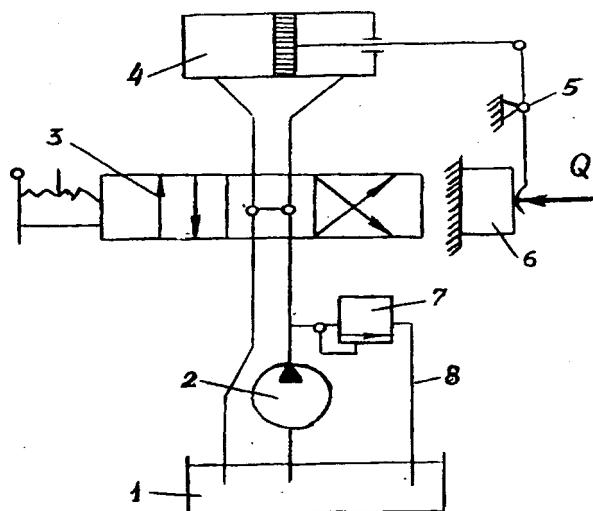


Рис. 3.15. Схема гидропривода

Большие силы от штока гидроцилиндров можно передавать непосредственно на заготовку без применения зажимных механизмов-усилителей. При этом повышается КПД зажима, упрощается конструкция приспособления;

осуществление многократного зажима без механических усилителей путем компоновки нужного числа цилиндров, управляемых одним золотником;

работает более плавно и бесшумно;

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

Вместе с тем существенными недостатками гидропривода являются его высокая первоначальная стоимость, а также повышенные требования к эксплуатации в целях предупреждения утечки масла. В связи с этим наиболее эффективно применение гидропривода в приспособлениях, предназначенных для гидрофишированных станков, при подключении его к гидросистеме станка.

Если станок не гидрофиширован, то создание специального гидропривода для приспособления (ввиду его высокой стоимости) эффективно только в условиях массового и крупносерийного производства. Стремление использовать достоинства гидропривода в приспособлениях для серийного производства привело к

агрегатированию гидроприводов, которые обслуживают несколько приспособлений, что значительно сокращает эксплуатационные расходы, приходящиеся на каждое приспособление.

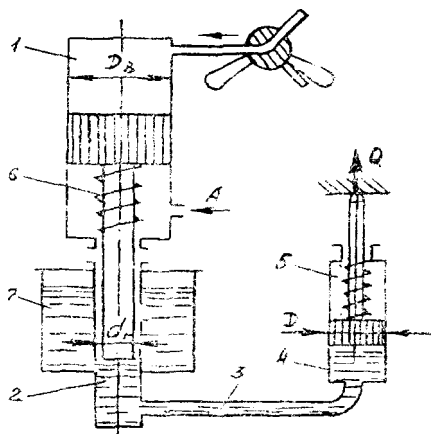


Рис. 3.16. Принципиальная схема пневмогидравлического привода

В пневмогидравлическом приводе исходной энергией является потенциальная энергия сжатого воздуха, которая преобразуется сначала в энергию сжатой жидкости, а затем уже в силу на штоке. Создание пневмогидропривода представляет собой попытку использовать одновременно достоинства пневмо- и гидропривода. Принципиальная схема пневмогидравлического привода показана на рис. 3.16. Сжатый воздух подается в цилиндр 1, шток которого является поршнем гидроцилиндра 2. Масло из цилиндра 2 поступает по трубопроводу 3 в рабочий гидроцилиндр 4, шток которого создает силу Q . Обратный ход поршней цилиндров 1 и 4 осуществляется за счет усилий пружин 5 и 6 или может осуществляться подачей сжатого воздуха через канал А. Резервуар 7 служит для пополнения утечек масла в системе. Конструктивно вся схема может быть выполнена либо в виде одного блока, либо с отдельно вынесенным гидроцилиндром 4. Во втором случае компактный цилиндр 4 устанавливается вместе с приспособлением, а блок цилиндров 1 и 2 устанавливается вне рабочей зоны станка.

Пневмогидравлический привод увеличивает силу зажима Q на коэффициент трансформации усилия $K = (D_b/d_r)^2$, т. е. сила Q возрастает в несколько десятков раз по сравнению с P_n , передаваемой пневмопоршнем.

Существенным недостатком привода (рис. 3.16) является сравнительно большой ход пневмоцилиндра 1, необходимый для получения относительно небольших перемещений штока цилиндра 4. Для устранения этого недостатка разработан ряд конструкций, позволяющих осуществить предварительный быстрый подвод штока, а давление жидкости увеличивать только в конце хода штока гидроцилиндра. Пример такой конструкции показан на рис. 3.17. Поршень 3 в цилиндре 2 под давлением воздуха, поступающего через штуцер 1, перемещается вправо, создавая в полости 16 цилиндра 2, заполненной маслом, небольшое давление. Это давление создается за счет сжатия пружины 7 подвижной шайбы 6. Масло через окно 15 и канал 14 в штоке 4 вытесняется в полость 13 гидроцилиндра 9. При этом поршень 8 перемещается быстро вправо до контакта штока 11 с заготовкой 12. Увеличение давления масла в гидроцилиндре 9 достигается в конце хода поршня 3, когда окно 15 штока 4 полностью войдет во втулку 5. Обратный ход привода осуществляется за счет подачи сжатого воздуха в цилиндр 9 через штуцер 10.

Для удобства вычисления в табл. 3.4 приведены расчетные формулы для определения исходного усилия P_u , развиваемого различными силовыми приводами.

Т а б л и ц а 3.4

Расчетные формулы для определения исходного усилия,
развиваемого силовыми приводами

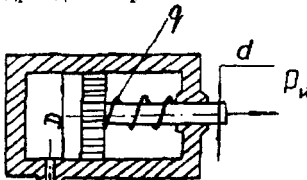
Схема привода	Расчетные формулы
<p>Пневмоцилиндр одностороннего действия</p> 	$P_u = \frac{\pi}{4} D p_s \zeta - q$

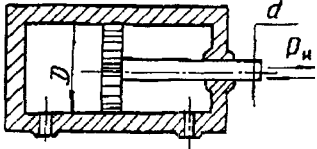
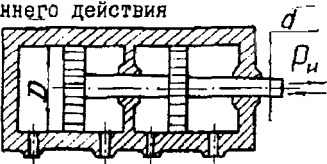
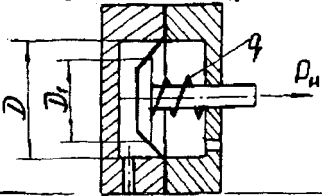
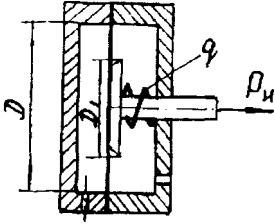
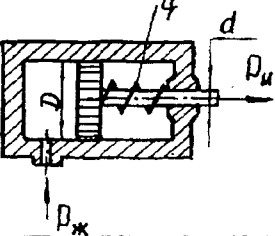
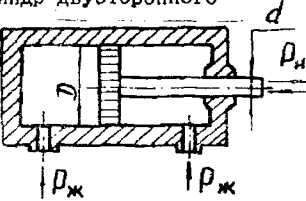
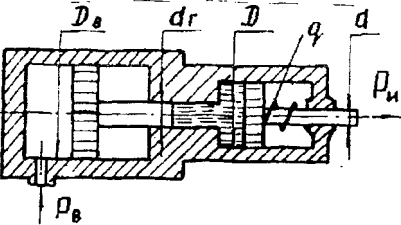
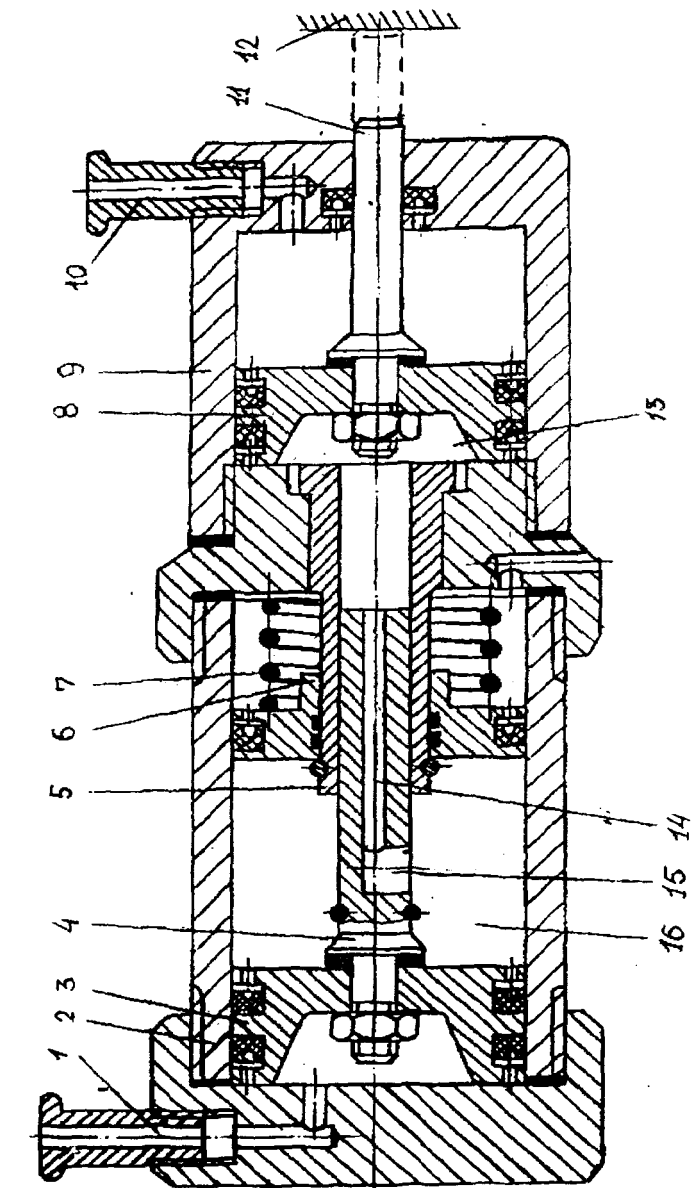
Схема привода	Расчетные формулы
<p>Пневмоцилиндр двустороннего действия</p> 	<p>Толкающая сила: $P_u = \frac{\pi}{4} D^2 p_p \zeta$.</p> <p>Тянущая сила: $P_u = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p_p \zeta$.</p>
<p>Сдвоенный пневмоцилиндр двустороннего действия</p> 	<p>Толкающая сила: $P_u = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) p_p \zeta$.</p> <p>Тянущая сила: $P_u = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) p_p \zeta$.</p>
<p>Пневмокамера одностороннего действия с тарельчатой диафрагмой</p> 	<p>В исходном положении штока:</p> $P_u = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 p_p - q;$ <p>в положении после перемещения штока на $0,3D$:</p> $P_u = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 p_p - q.$
<p>Пневмокамера одностороннего действия с плоской диафрагмой</p> 	<p>Для резиноктаневых диафрагм: в исходном положении штока:</p> $P_u = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 p_p - q;$ <p>в положении после перемещения штока на $0,07D$:</p> $P_u = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 p_p - q;$ <p>для резиновых диафрагм: в исходном положении штока:</p> $P_u = \frac{\pi}{4} D_1^2 p_p - q;$ <p>в положении после перемещения штока на $0,22D$:</p> $P_u = \frac{0,9\pi}{4} D_1^2 p_p - q.$

Схема привода	Расчетные формулы
<p>Гидроцилиндр одностороннего действия</p> 	$P_{и} = \frac{\pi}{4} D^2 P_{ж} \zeta - Q$
<p>Гидроцилиндр двустороннего действия</p> 	<p>Толкающая сила:</p> $P_{и} = \frac{\pi}{4} D^2 P_{ж} \zeta$ <p>Тянущая сила:</p> $P_{и} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P_{ж} \zeta$
<p>Пневмогидропривод</p> 	$P_{и} = \frac{\pi D^2}{4} P_{в} \left(\frac{D_{в}}{d_{г}} \right)^2 \zeta_0 \zeta_m \zeta'_m - Q$

Примечание: $P_{в}$ - давление воздуха ($P_{в} = 0,4 \dots 0,63$ МПа);
 $P_{ж}$ - давление жидкости;
 ζ - коэффициент полезного действия: (для пневмопривода $\zeta = 0,85$; для гидропривода: $\zeta = 0,9$ при уплотнении манжетами, $\zeta = 0,97$ при уплотнении кольцами);
 ζ_0 - объемный коэффициент полезного действия ($\zeta_0 = 0,95$);
 ζ_m - механический КПД ($\zeta_m = 0,95$);
 ζ'_m - механический КПД гидроцилиндра ($\zeta'_m = 0,9$).



Р и с. 3.17. Пневмогидравлический привод усовершенствованной конструкции

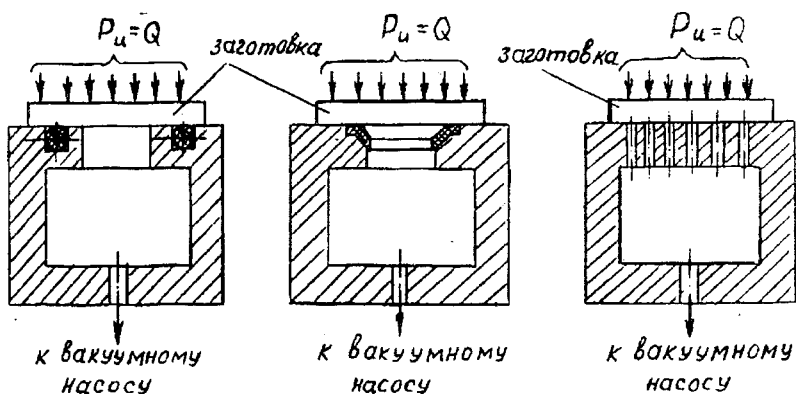


Рис. 3.18. Схема вакуумного привода

Вакуумный привод основан на непосредственной передаче возможности механизации и автоматизации, что особенно значаия избыточного атмосферного давления между опорной поверхностью заготовки и приспособлением образуют внутреннюю полость с вакуумом (рис. 3.18). Для лучшей герметизации соединения заготовки с приспособлением обычно предусматривают уплотнения различной конструкции: резиновые кольца круглого сечения (рис. 3.18, а), резиновую полосу (рис. 3.18, б) и т. д. Эти уплотнения позволяют получить во внутренней полости вакуум порядка 0,0015...0,03 МПа. Для создания вакуума применяют различные насосы. Поршневой одноступенчатый насос дает вакуум 0,005 МПа, ротационный (марки ВМ-1)—0,015 МПа, а центробежный многоступенчатый — 0,03 МПа.

При установке тонкостенной заготовки чистой шлифованной базой допускается применение приспособления без уплотнений (рис. 3.18, в). В этом случае на установочной плоскости приспособления делается ряд мелких рядом расположенных отверстий, через которые отсасывается воздух и происходит многоточечный прижим заготовки в приспособлении.

Величину исходного усилия P_u (величину зажимного усилия Q), развиваемого вакуумным приводом, определяют по формуле

$$P_u = Q = F_{\text{п}} \cdot p_{\text{в}} \cdot \lambda,$$

где P_n — исходное усилие, развиваемое приводом в Н; F_n — полезная площадь заготовки, ограниченная уплотнением, в мм²; p_n — избыточное давление, равное разности между атмосферным давлением и вакуумом во внутренней полости приспособления, в МПа; λ — коэффициент герметичности вакуумной системы $\lambda = 0,8 \dots 0,85$).

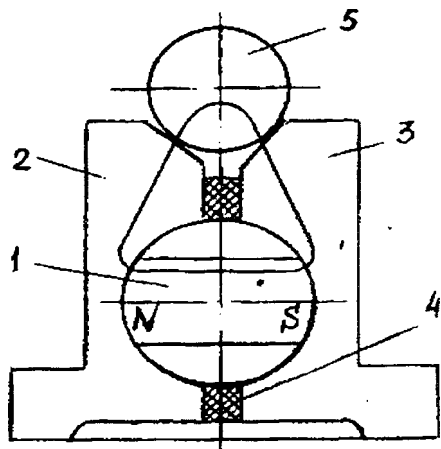


Рис. 3.19. Схема магнитного привода

готовку, создает силу, препятствующую отрыву ее от приспособления (в электромагнитных приспособлениях эта сила создается смонтированными электромагнитами, а в магнитных приспособлениях — постоянными магнитами).

Магнитные приводы имеют преимущества перед электромагнитными, так как у них отсутствует питание током, а следовательно, большая безопасность в работе и меньшая стоимость эксплуатации. Магнитные зажимные устройства так же, как и электромагниты, представляют собой в основном плиты и планшайбы.

На рис. 3.19 показана магнитная призма для закрепления цилиндрических заготовок. При горизонтальном положении магнита 1 магнитный силовой поток проходит через обе щеки 2 и 3 призмы, разделенные немагнитной пластиной 4, и прижимает заготовку 5 к призме. При повороте магнита 1 в вертикальное положение магнитный поток замыкается в корпусе и заготовка освобождена.

Вакуумные приводы весьма эффективны для крепления нежестких заготовок с плоской базовой поверхностью на чистовых операциях.

Электромагнитные и магнитные приводы основаны на том, что магнитный поток, проходящий через закрепляемую за-

Расчет исходного усилия P_n привода можно производить по формуле

$$P_n = Q = F_n \cdot p_m \cdot \lambda,$$

где P_n — исходное усилие, развиваемое приводом, в Н; F_n — полезная площадь соприкосновения заготовки с поверхностью приспособления, в мм²; p_m — удельная сила, развиваемая электромагнитным или магнитным приводом, в МПа ($p_m = 0,35$ МПа); λ — коэффициент, учитывающий потери из-за неплотности прилегания заготовки к приспособлению ($\lambda = 0,9$).

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение зажимных элементов?
2. Какие требования предъявляются к зажимным элементам?
3. Что такое коэффициент надежности закрепления?
4. Что называется расчетной схемой закрепления?
5. Что представляют собой простые, сложные и многократные зажимы?
6. Когда применяют пружинные и пружинно-гидравлические зажимные устройства?
7. Каково назначение силового привода?
8. Какие типы приводов используют в приспособлениях?

Глава 4. Направляющие элементы и делительные устройства

4.1. Назначение направляющих элементов

Направляющие элементы, применяемые в приспособлениях (рис. 4.1), служат для направления и координации инструмента и могут выполнять различные функции. Первая группа элементов позволяет предотвращать увод (отжим) инструмента во время работы. Для этого используют направляющие втулки, которые применяются для направления передней части консольной державки при расточке глубоких отверстий. На рис. 4.1, а показано применение направляющей втулки 1, установленной в приспособлении для направления державки 2 с резцом при расточке отверстия в заготовке А на револьверном станке. Вторая группа элементов выполняет одновременно две функции: направляет инструмент по заданному пути, т. е. предотвращает увод инструмента и придает ему требуемое расположение относительно приспособления. К таким элементам относятся кондукторные втулки, которые применяются в сверлильных и расточных приспособлениях. На рис. 4.1, б показана схема приспособления с кондукторной втулкой 1, обеспечивающей получение размера А. Третья группа элементов слу-

жит для придания инструменту точного положения относительно приспособления. К таким элементам относятся установки, с помощью которых осуществляют настройку станка на заданный размер. Установ 2 (рис. 4.1, в) точно располагается на корпусе приспособления. При настройке, передвигая стол станка, установ подводят к фрезе и с помощью щупа 1 определяют положение фрезы. Благодаря этому обеспечивается требуемое взаимное расположение фрезы относительно установа и опорных элементов 3 приспособления, и этим достигается настройка станка на заданный размер A . Настройка станка с помощью установов занимает меньше времени, чем путем пробных проходов, и повышает точность, поэтому она широко применяется при обработке заготовок в авиадвигелестроении.

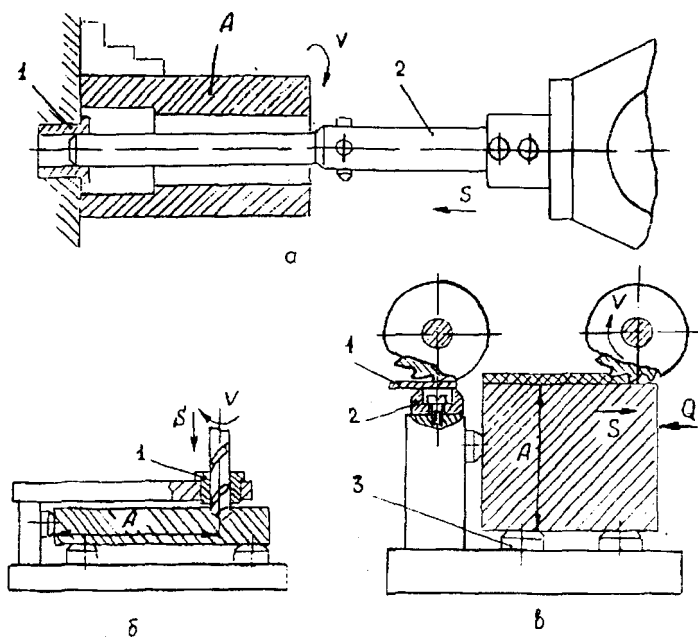


Рис. 4.1. Приспособление с элементами для направления инструмента:
 а — с направляющей втулкой; б — с кондукторной втулкой;
 в — с установом для фрезы

4.2. Конструкции направляющих втулок

Обычно направляющие втулки выполняются вращающимися. Встречаются и неподвижные, т. е. не вращающиеся относительно корпуса приспособления втулки. По конструкции они проще вращающихся; однако они нагреваются и изнашиваются быстрее. При больших скоростях резания всегда применяются вращающиеся втулки на подшипниках скольжения или качения.

На рис. 4.2, а показана вращающаяся втулка, установленная в подшипнике скольжения. В этом случае в корпус приспособления запрессовывается переходная втулка 2, в которой по подвижной посадке располагается вращающаяся втулка 1, удерживаемая от осевого перемещения в одну сторону буртом, а в другую — шайбой с гайкой. Втулка 1 вращается вместе с инструментом.

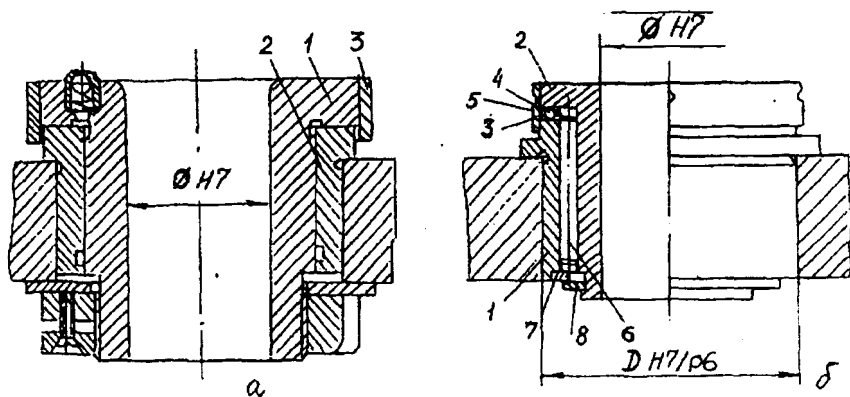


Рис. 4.2. Направляющие вращающиеся втулки на подшипнике скольжения (а) и качения (б)

Трущиеся поверхности защищены от попадания стружки козырьком 3. Инструмент своей гладкой цилиндрической частью направляется отверстием втулки 1. Диаметр этого отверстия выполняется с отклонениями по H7, а диаметр инструмента — с отклонениями по g6. На рис. 4.2, б изображена вращающаяся втулка нормализованной конструкции, смонтированная в игольчатом роликовом подшипнике. Втулка 1 запрессовывается в корпус приспособления. Вращающаяся втулка 2 устанавливается во втулку 1 на иглах 4, а по торцу — на шариках 6, заключенных в сепаратор 3. От осевого перемещения втулка удерживается шайбой 7 и стопорным кольцом 8. Для защиты от стружки используется кольцо 5.

4.3. Конструкции кондукторных втулок

Кондукторные втулки применяют для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов при обработке отверстий: сверл, зенкеров, разверток и др. Они определяют положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособления и повышают его радиальную жесткость. При этом отпадает необходимость в разметке, за счет чего повышается точность расположения отверстий и производительность труда. Повышение жесткости инструмента приводит к повышению точности диаметра отверстия, уменьшению его увода, позволяет работать на более высоких режимах резания. Точность диаметра отверстия повышается в среднем на 50% по сравнению с точностью при обработке без кондукторных втулок.

Оснащенные кондукторными втулками приспособления для обработки отверстий на станках сверлильной группы принято называть кондукторами.

Наиболее употребительные конструкции кондукторных втулок стандартизированы. Различают три типа стандартных втулок: постоянные, сменные и быстросменные.

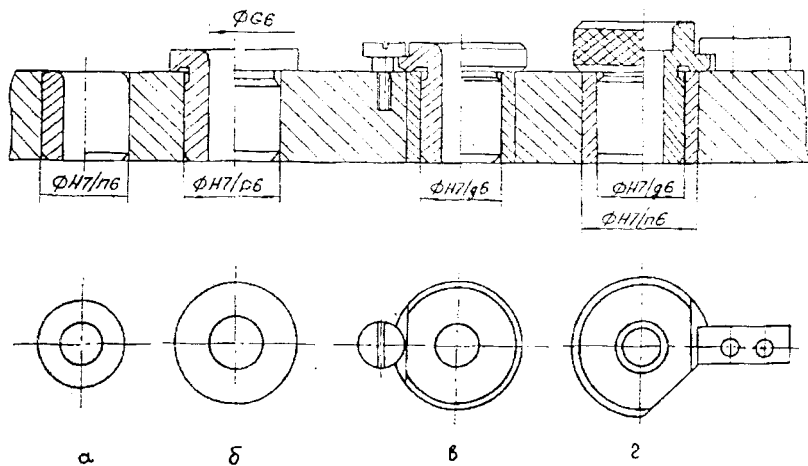


Рис. 4.3. Стандартные кондукторные втулки: а — постоянные без бурта; б — постоянная с буртом; в — сменная; г — быстросменная

Постоянные втулки выполняются без бурта (рис. 4.3, а) и с буртом (рис. 4.3, б). Они применяются тогда, когда отверстие на операции обрабатывается лишь одним инструментом (сверлом или зенкером). При установке в кондукторную плиту они запрессовываются по посадке Н7/п6.

Сменные втулки (рис. 4.3, в), как и постоянные, используются при обработке отверстий одним инструментом, но в тех случаях, когда необходима сравнительно частая их замена вследствие их износа. При нормальных условиях обработки кондукторные втулки выдерживают около 10000...15000 сверлений, но при повышенной точности обработки отверстий в заготовках из высокопрочных материалов стойкость втулок резко снижается. Сменные втулки 2 устанавливаются в промежуточные втулки 3 по посадке Н6/г6 или Н7/г6 и во избежание проворачивания и подъема при обработке закрепляются винтами 1. Промежуточные втулки 3 запрессовываются в кондукторную плиту по посадке Н7/п6.

Быстросменные втулки (рис. 4.3, г), как и сменные, устанавливаются в промежуточные втулки по посадке Н6/г6 или Н7/г6. Применяются они в тех случаях, когда в процессе операции отверстие обрабатывается последовательно несколькими инструментами, например, сверлом, зенкером и разверткой. Для направления каждого из них предусматривается своя быстросменная втулка. Все втулки имеют одинаковый наружный диаметр, а внутренние — диаметр соответствующего инструмента. Буртик у втулок делается высоким и с накаткой для удобства удержания при их снятии и установке. На буртике имеется сквозной продольный срез, позволяющий легко вынимать и вставлять втулку при замене, а также боковой уступ для крепления планкой, удерживающей ее от выталкивания стружкой. При снятии втулку поворачивают против часовой стрелки до совпадения среза с планкой и поднимают вверх.

Режущий инструмент направляется в отверстия всех кондукторных втулок по подвижной посадке с гарантированным зазором. При этом инструмент принимают за основной вал, а отверстие во втулках выполняется в системе вала, и необходимая посадка обеспечивается за счет соответствующих отклонений диаметра отверстия. Для направления сверл и зенкеров используются посадки G₇ или F₈, а для разверток — G₇.

Постоянные, сменные и быстросменные втулки могут изготавливаться в двух исполнениях: без выточки внутреннего диаметра (рис. 4.3, а, б, в) и с выточкой (рис. 4.3, г), которая облегчает за-

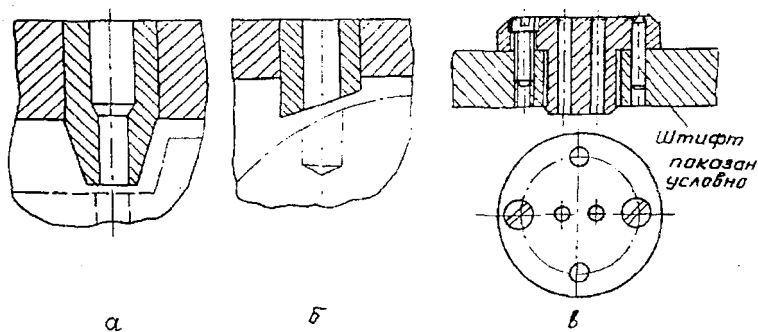


Рис. 4.4. Специальные кондукторные втулки для сверления:
 а – на уступе; б – на криволинейной поверхности;
 в – двух близко расположенных отверстий

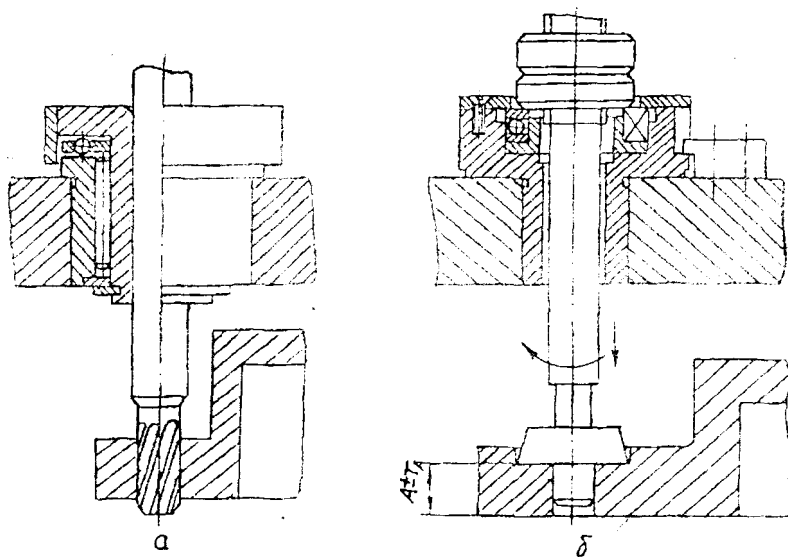


Рис. 4.5. Вращающиеся втулки: а – для направления инструмента (развертки); б – кондукторная упорная

ход инструмента во втулку. Высота постоянных и сменных втулок (см. рис. 4.3, а, б, в) составляет 1,5—2,0 диаметра отверстия втулки под инструмент. Высота быстросменных втулок несколько больше, но в них предусмотрена высота глубиной h (см. рис. 4.3, г), благодаря которой длина контакта инструмента с втулкой остается такой же, как и в постоянных втулках.

Все кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25 мм изготавливают из стали У10А, У12А и закаливают до твердости HRC, 62...65. На авиационных заводах часто втулки изготавливают из легированных износостойких материалов. Промежуточные втулки с диаметром отверстия до 25 мм изготавливают из стали У7А и закаливают до твердости HRC, 45...50. Втулки с диаметрами отверстий более 25 мм изготавливают из стали 20, цементируют на глубину 0,8...1,2 мм и закаливают до твердости HRC, 62...65.

Расстояние от нижнего торца втулки до поверхности заготовки выбирают равным 0,3...1,0 диаметра отверстия.

Специальные втулки имеют конструкцию, соответствующую особенностям заготовки и операции. Однако общие соображения о выборе посадки инструмента во втулке, ее высоты, расстояния между втулкой и заготовкой остаются теми же, что и для стандартных втулок. На рис. 4.4,а показана специальная втулка удлиненной формы для приближения ее к заготовке, имеющей уступ, а на рис. 4.4,б — специальная втулка для сверления отверстия на криволинейной поверхности заготовки. При обработке отверстий, расположенных близко друг к другу, иногда не представляется возможным разместить рядом две втулки. В этих случаях применяют одну специальную втулку 1 с двумя направляющими отверстиями, фиксируя ее положение штифтом 2 (рис. 4.4,в).

Вращающиеся кондукторные втулки применяются для направления разверток (рис. 4.5,а) и для фиксации осевого перемещения инструмента (рис. 4.5,б). В этом случае кондукторная втулка называется упорной, а в ее корпусе устанавливается упорный шарикоподшипник.

4.4. Конструкции направляющих элементов для настройки станков на заданный размер

Настройка инструментов на рабочий размер с помощью пробных проходов и промеров требует много времени. Для ускорения наладки станков в конструкцию приспособления вводят специальные элементы, определяющие положение инструментов, соответствующее настроенному размеру. Такими элементами являются шаб-

лоны и установы. Применение шаблонов типично для токарных работ, а установов — для фрезерных. Например, на рис. 4.6 показана установка двух подрезных резцов по шаблону 1. Такой шаблон может быть съемным или откидным, шарнирно закрепленным. При настройке шаблон ставят в рабочее положение, а после закрепления резцов снимают или откидывают в нерабочее положение.

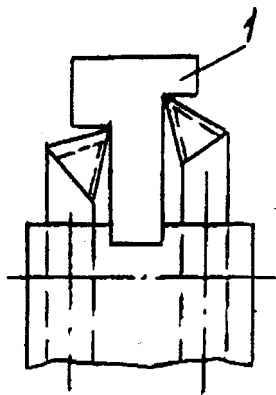


Рис. 4.6. Шаблон для настройки резцов на токарном станке

Широкое распространение в конструкциях фрезерных приспособлений получили установы для настройки на размер фрез. Они помещаются на приспособлении так, чтобы не мешали при установке и обработке заготовок, но в то же время, чтобы к установам был свободный доступ инструмента. В процессе наладки станка между установом и фрезой помещают щуп (толщиной $v = 1...3$ мм), который должен плотно, но без защемления входить в зазор. Непосредственное соприкосновение фрезы с установом недопустимо во избежание его повреждения как в момент настройки, так и при обработке заготовок.

Установы для фрез бывают как стандартные, так и специальные. На рис. 4.7,а показаны стандартный высотный установ, а на рис. 4.7,б — стандартный угловой установ и схемы настройки инструмента на размер. Для установки фасонных фрез используются специальные установы.

Настройка инструмента на размер производится следующим образом (см. рис. 4.7). От базы приспособления до установка точно известно расстояние $H_{уст}$. Тогда получаемый на данной операции размер определяется по формуле $A = H_{уст} + v$, где v — толщина щупа.

Обычно допуск на размер ($H_{уст} + v$) уменьшают в 2—3 раза по сравнению с допуском на размер A .

Установы фиксируются на корпусе приспособления двумя штифтами и закрепляются винтами. Располагаются они в корпусе в стороне от обрабатываемой поверхности заготовки.

Изготавливаются установы из сталей 15 и 20 с цементацией поверхности на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости HRC, 55...60.

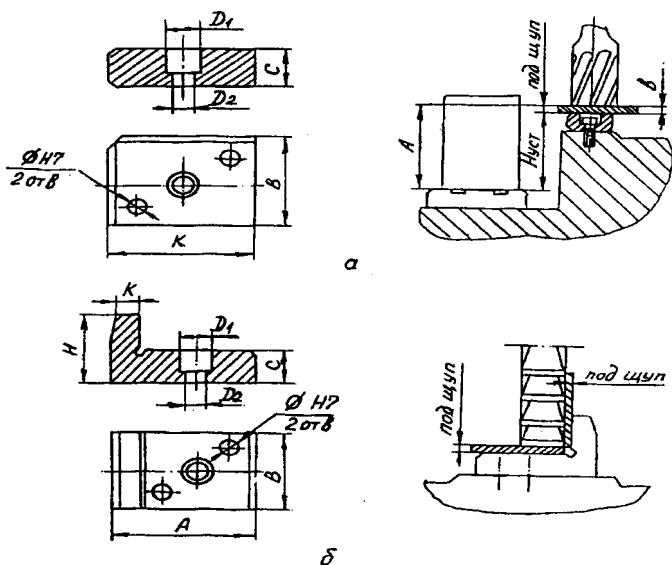


Рис. 4.7. Схема настройки и стандартные установки для фрез:
 а — высотный; б — угловой

4.5. Назначение и конструкции делительных устройств

Делительные устройства позволяют установить обрабатываемую заготовку в различные позиции. При этом заготовку можно либо поворачивать на заданный угол, либо перемещать на нужное расстояние относительно корпуса приспособления. В практике чаще всего применяются делительные приспособления для поворота заготовки и установки ее в заданные позиции. Поэтому такие приспособления обычно называют поворотными.

Поворотные приспособления широко применяются на сверлильных и фрезерных станках. Они снабжены делительными устройствами, главными элементами которых являются делительная плита или диск и фиксатор, определяющий положение плиты. Фиксатор располагается в корпусе приспособления, который закрепляется на столе станка, а делительная плита вместе с заготовкой — на поворотной части приспособления. Делительная плита имеет столько гнезд, сколько позиций должна занимать обрабатываемая заготовка. Поворотные приспособления могут быть с

горизонтальной, наклонной и вертикальной осью делительной плиты.

По форме гнезд делительные диски разделяют на две группы: с отверстиями и с пазами. На рис. 4.8,а показаны делительные плиты с отверстиями. В плите 1 для уменьшения износа запрессовываются термически обработанные до высокой твердости и точно отшлифованные втулки 2. Отверстие в них под фиксатор 3 выполняется цилиндрическим или коническим. Коническое отверстие обеспечивает более высокую точность деления. Отверстия под фиксирующие втулки 2 растачивают с точностью получения линейных размеров до 0,005 мм.

На рис. 4.8,б представлены делительные плиты с пазами. Плиты с асимметричными пазами (тип I) более эффективны, чем с симметричными (тип II), так как загрязнение симметричного паза по любой плоскости неизбежно вызовет погрешность деления. При загрязнении же асимметричного паза фиксатор удалит грязь с его рабочей поверхности, расположенной по радиусу, а загрязнение наклонной поверхности не сказывается на точности деления. При равной точности угловых шагов ($\alpha \pm \gamma$) плиты с пазами обеспечивают более высокую точность деления, чем плиты с отверстиями. Однако плиты с пазами более сложные в изготовлении.

Фиксаторы предназначены для точного фиксирования положения делительного диска. Рабочий профиль фиксатора определяется профилем гнезда делительного диска. Фиксаторы различаются конструкцией механизмов, применяемых для их перемещения.

Определим погрешность деления, полагаясь расчетной схемой рис. 4.8,в.

Погрешность шага при использовании цилиндрического фиксатора

$$\omega_d = 0,5S_1 + 0,5S_2 + 0,5T_D + e,$$

где S_1 и S_2 — зазоры в сопряжении фиксатора соответственно с направляющей втулкой и втулкой для фиксатора; T_D — допуск межосевого расстояния соседних втулок для фиксатора; e — эксцентриситет втулок (рис. 4.8, в, г).

Обычно $T_D \leq 0,03$ мм, а сопряжения фиксатора с втулками выполняют по посадке H7/g6. В точных делительных приспособлениях $T_D \leq 0,02$ мм, а посадка H6/h5; в особо ответственных случаях $T_D \leq 0,015$ мм с последующей притиркой фиксатора по втулкам с зазорами S_1 и S_2 не более 0,01 мм. При использовании конических и призматических фиксаторов $S_1 = 0$.

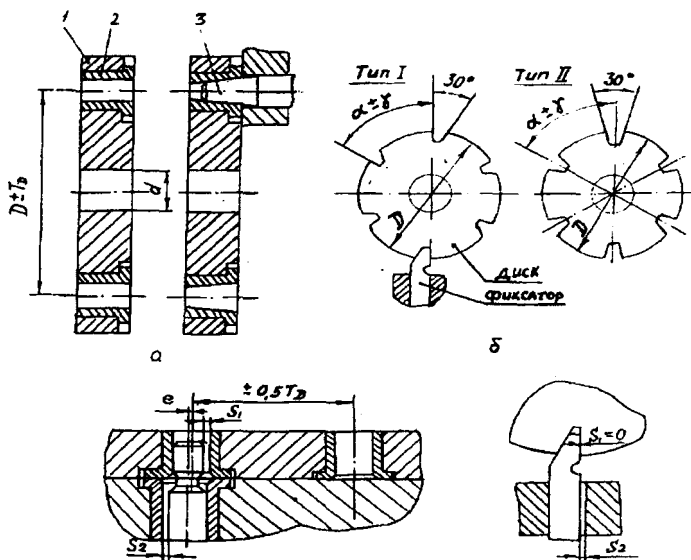


Рис. 4.8. Делительные плиты с отверстиями (а) и пазами (б) и схемы работы фиксаторов — цилиндрического (в) и призматического (г)

На рис. 4.9 даны две конструкции фиксаторов. Вытяжные цилиндрические фиксаторы (рис. 4.9, а) находят широкое применение в простых делительных приспособлениях. Конструкция делительного устройства с реечным фиксатором (рис. 4.9, б) может обеспечивать более высокую точность деления. Это достигается наличием конусного фиксатора (соединение без зазора) и упругой втулки 1 с гидропластмассой. При повороте винта 3 давление плунжера 2 передается гидропластмассе, последняя деформирует тонкую стенку втулки 1, выбирая до минимума или полностью зазор между втулкой и фиксатором.

Для повышения жесткости приспособления и для разгрузки фиксатора от восприятия усилий резания поворотная часть надежно закрепляется к корпусу приспособления. Для этого используют различные конструкции зажимов.

При проектировании делительных приспособлений широко используют нормализованные базовые узлы и другие элементы. На рис. 4.10 изображен нормализованный поворотный стол (полуфабрикат), который состоит из корпуса 1, делительной плиты с

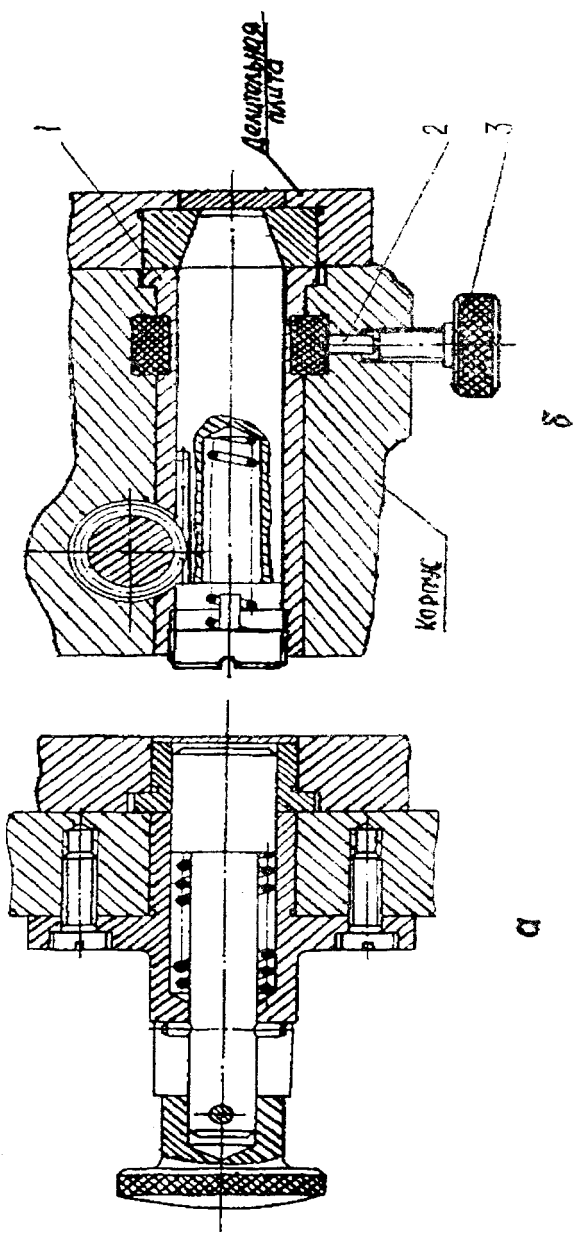


Рис. 4.9. Конструкции фиксаторов: а - цилиндрического (обычного);
 б - конического резьбового

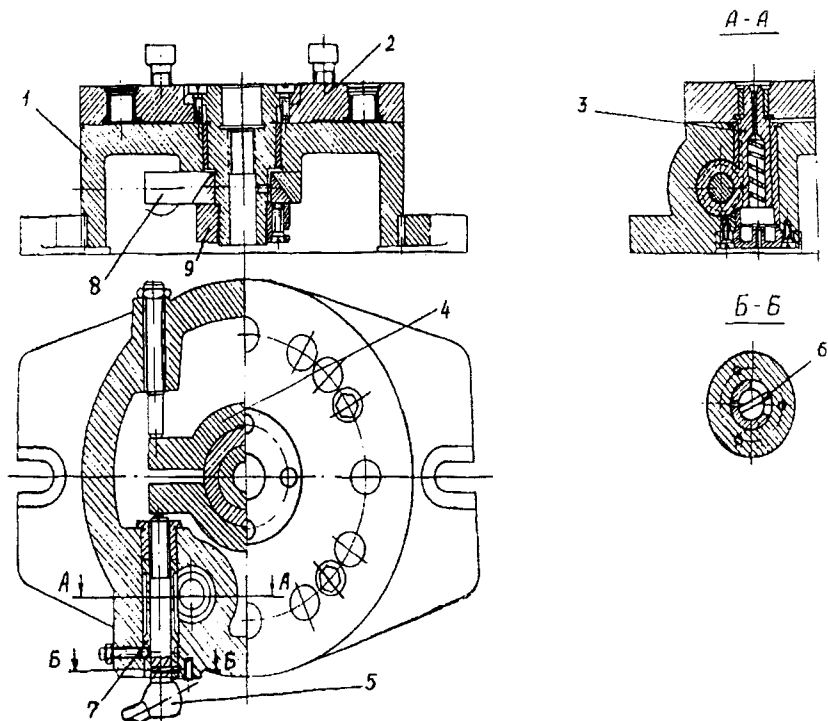


Рис. 4.10. Нормализованный поворотный стол

цапфой 2. В плите установлены гнезда под фиксатор 3 реечного типа. Такие фиксаторы удобны тем, что они позволяют совместить управление фиксатором 3 и зажимом делительной плиты с помощью конусного хомута 4 от одной рукоятки 5. При проектировании нормализованный поворотный стол и к нему дополняют элементы для установки и зажима обрабатываемой детали. Если необходимо иметь и направляющий элемент, то его располагают на Г-образной стойке, закрепленной на корпусе приспособления. В столе совмещено управление фиксатором и зажимом делительной плиты. При повороте рукоятки 5 влево происходит раскрепление хомута 4, а штифт 6 поворачивает шестерню 7 и выводит фиксатор

3 из гнезда делительной плиты 2. Теперь можно повернуть поворотную часть в следующую позицию. Под действием пружины фиксатор 3 входит в следующее гнездо плиты 2. Затем поворотом рукоятки 5 зажимают хомут, который своей конусной поверхностью давит на конусное кольцо 8. Кольцо через гайку 9 перемещает цапфу поворотной плиты 2 вниз и прижимает ее к корпусу приспособления 1.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение направляющих элементов?
2. Какие типы кондукторных втулок используются в конструкциях приспособлений?
3. Каким образом производится настройка инструмента на размер с помощью установа?
4. Каково назначение делительных устройств?
5. Какую конструкцию имеют фиксаторы?
6. Как определить погрешность деления?

Глава 5. Корпуса приспособлений

5.1. Назначение, конструкции и материал корпусов

Корпус — это основная часть приспособления, на которой размещаются и закрепляются в строго определенном положении все остальные элементы, образуя при этом единую конструкцию. На корпусе предусматриваются базовые посадочные поверхности, которыми приспособление ориентируется и соединяется со станком.

Корпус приспособления воспринимает все усилия, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки, поэтому он должен обладать достаточной прочностью, жесткостью, виброустойчивостью. Эти качества обеспечиваются выбором рациональной конструкции корпуса и необходимым введением ребер жесткости.

При конструировании корпусов, кроме прочности, жесткости и виброустойчивости, необходимо обеспечивать и другие основные требования:

стабильность корпуса в процессе эксплуатации, т. е. чтобы корпус в процессе работы мало изнашивался и не изменял своих

геометрических параметров за счет остаточных деформаций и коробления;

наименьшие трудоемкость, стоимость и срок изготовления;

формы конструкции, удобные для монтажа элементов приспособления на корпусе;

эксплуатационные условия, т. е. быстроту и точность установки и соединения корпуса приспособления со станком, удаление стружки и соблюдение всех правил охраны труда.

По конструкции корпуса весьма разнообразны, форма и размеры корпуса зависят от конфигурации и размеров заготовок, вида операции, количества одновременно устанавливаемых заготовок в приспособление, типа станка, для которого оно предназначено. На конструктивное оформление корпуса оказывает влияние и способ его изготовления.

Корпуса сложной формы изготавливают из заготовок, полученных литьем по индивидуальным моделям из чугуна СЧ12-28, СЧ15-32, повышенной прочности и твердости — из стали 35Л или 45Л, а облегченные — из сплава АЛ-4, АЛ-9. При этом срок изготовления корпуса сравнительно длинный. Корпуса средней и даже сложной формы получают из сварных заготовок, в этом случае сокращается срок изготовления, его масса и стоимость по сравнению с литым корпусом. Корпуса менее сложных форм и повышенной прочности и твердости изготавливают из заготовок, полученных ковкой. Корпуса простых форм делают сборными из отдельных частей, изготовленных из стали 45, части корпуса отрезают от проката, обрабатывают и соединяют с помощью штифтов и винтов. Там, где корпус работает при малых нагрузках, его можно выполнить литьем из эпоксидной смолы.

Корпуса, получаемые из литых, кованых и сварных заготовок, должны подвергаться термической обработке для снятия внутренних остаточных напряжений.

При конструировании корпусов рекомендуется использовать стандартные заготовки и корпуса. Это позволяет значительно снять расходы и сроки изготовления приспособлений.

В качестве типового примера рассмотрим влияние способа изготовления на конструктивное оформление корпуса кондуктора (рис. 5.1). Плоскость 1 корпуса служит базовой поверхностью, поверхности 2 и 3 предназначаются под установочные и зажимные элементы, а отверстие 4 — под кондукторную втулку.

На рис. 5.1,а показан вариант корпуса, получаемого отливкой. При разработке его конструкции учтены все требования, предъявляемые к отливкам. Для уменьшения объема механической обработки обрабатываемые поверхности возвышаются над примы-

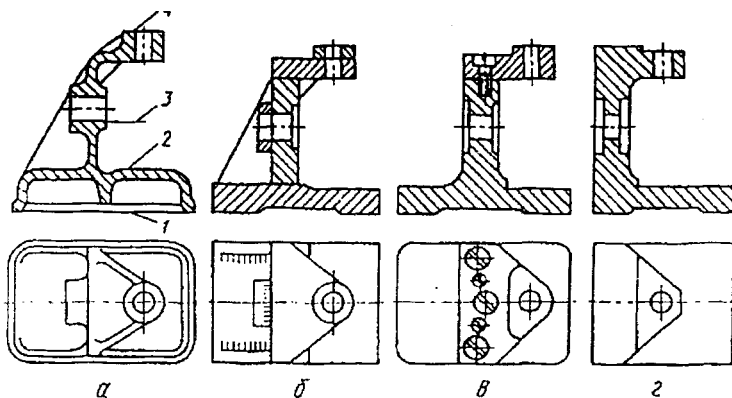


Рис. 5.1. Варианты конструкции корпуса кондуктора при изготовлении его из различных видов заготовок

кающими к ним черновыми поверхностями. Предусмотрены ребра жесткости, повышающие прочность и жесткость корпуса. Вариант корпуса (рис. 5.1, б) изготавливается из сварной заготовки. Здесь также предусмотрены ребра жесткости. Обрабатываемые поверхности располагаются на разных уровнях с прилегающими к ним черными или грубо обработанными поверхностями. Сборный корпус (рис. 5.1, в) состоит из двух частей: стандартной Т-образной литой заготовки и специальной планки. Соединяемые друг с другом части фиксируются двумя штифтами и скрепляются винтами. Сборные корпуса проектируются в тех случаях, когда хотят использовать нормализованные или стандартные заготовки или когда затруднительно обрабатывать отдельные труднодоступные поверхности корпуса, если он неразборный. А на рис. 5.1, г показан корпус, изготовленный из стальной заготовки, полученной поковкой. Для придания корпусу нужной формы заготовка подвергается механической обработке, при этом затрачивается значительная трудоемкость.

Применение того или иного способа изготовления корпуса определяется конкретными условиями предприятия: степенью загруженности заказами литейного и сварочного цехов, себестоимостью корпуса при различных способах его выполнения и т. д. На практике наибольшее распространение получили литые и сборные

корпусы. Необходимо однако иметь в виду, что жесткость сборных корпусов несколько ниже, чем цельных литых.

При проектировании корпуса независимо от способа его изготовления конструктор (кроме вышеуказанных требований) должен предусмотреть достаточные зазоры между заготовкой и стенками корпуса, позволяющие свободно ставить и снимать заготовку: возможность легкого удаления стружки. Для обеспечения удобной очистки от стружки и отвода СОЖ в конструкции корпуса необходимо избегать углублений и труднодоступных мест, а также предусматривать специальные окна.

Корпусы являются наиболее трудоемкими деталями приспособлений. Цикл их изготовления длителен, так как заготовки корпусов после предварительной механической обработки должны подвергаться старению. На практике используется несколько путей сокращения сроков изготовления и стоимости приспособлений.

На основе анализа конструкций корпусов и частоты применения их отдельных типов разработаны стандарты на заготовки корпусов. Заблаговременно изготовленные по этим стандартам заготовки хранятся на складе. Для конкретной конструкции такие заготовки подвергаются дополнительной обработке, что позволяет сравнительно быстро и с меньшей трудоемкостью получить готовый корпус. При этом отпадает необходимость изготовления индивидуальных отливок заготовок, а это позволяет сократить срок и снизить стоимость изготовления корпуса. Следовательно, применение стандартных заготовок позволяет не только снизить стоимость корпусов, но и сократить сроки проектирования и изготовления приспособления.

5.2. Способы установки корпусов приспособления на станке

Приспособление с помощью базовых поверхностей корпуса устанавливается на рабочем органе станка (шпинделе, столе), имеющем посадочное место. Форма, размеры и допуски на изготовление посадочного места у всех станков стандартизированы и сведения о них приводятся в каталогах, справочниках и паспорте станка.

Корпуса приспособлений на станках токарной группы часто соединяются непосредственно со шпинделем станка или через вспомогательный элемент — переходный фланец. На практике используют следующие способы установки: в центрах, в конусном отверстии шпинделя и на шпинделе (рис. 5.2), на переходном фланце (рис. 5.3).

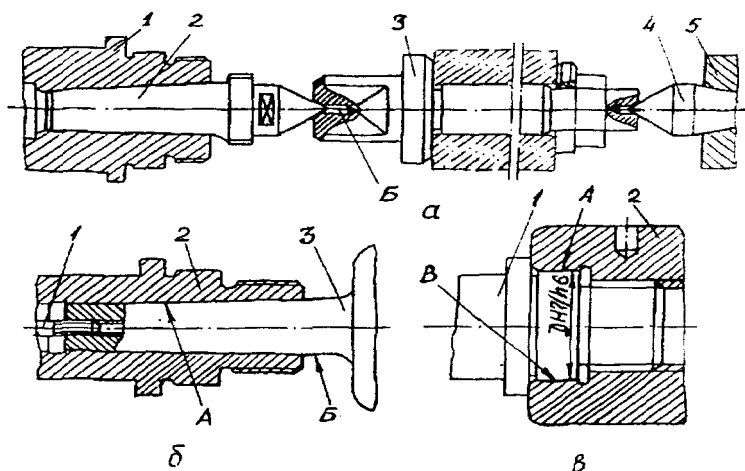


Рис. 5.2. Способы установки приспособлений на токарных станках:
 а – в центрах; б – в отверстии шпинделя; в – непосредственно
 на шпинделе

При установке в центрах (5.2, а) корпус базовыми центровыми отверстиями Б центрируется на конусах 2 и 4, вставленных в шпиндель станка 1 и пиноль задней бабки 5. Вращение оправки 3 осуществляется поводковым устройством, соединенным со шпинделем 1. При этом обеспечивается высокая точность установки. Этот способ дает возможность использовать одно и то же приспособление на любом токарном станке.

При установке корпуса приспособления 3 в отверстие шпинделя (рис. 5.2, б) на нем должна быть выполнена базовая посадочная поверхность в виде хвостовика Б с конусом, соответствующим по размеру конусу отверстия А в шпинделе 2. После установки корпус закрепляется с помощью тяги 1. Этот способ достаточно универсален, так как коническое отверстие в различных станках часто имеет один и тот же размер конуса Морзе. Однако точность совмещения корпуса с осью шпинделя меньшая, чем при установке в центрах, из-за возможного попадания различных частиц и наличия заборн на сопрягаемых поверхностях. Так как приспособ-

собление располагается на шпинделе консольно, то жесткость его понижается.

При установке непосредственно на шпинделе (рис. 5.2, в) в корпусе приспособления обрабатываются центрирующая поверхность А, соответствующая посадочному месту В шпинделя, и для закрепления—резьба. Данный способ обеспечивает сравнительно высокую жесткость соединения. К недостаткам такого соединения следует отнести: малую универсальность, так как из-за различия формы и размеров посадочного места станков не удастся использовать приспособление на других станках; сложность изготовления базовых посадочных поверхностей в корпусе приспособления; невысокую точность центрирования приспособления 2 относительно оси шпинделя 1 вследствие погрешности расположения базового отверстия В и установочных элементов приспособления и зазора в соединении по диаметру D (H7/h6).

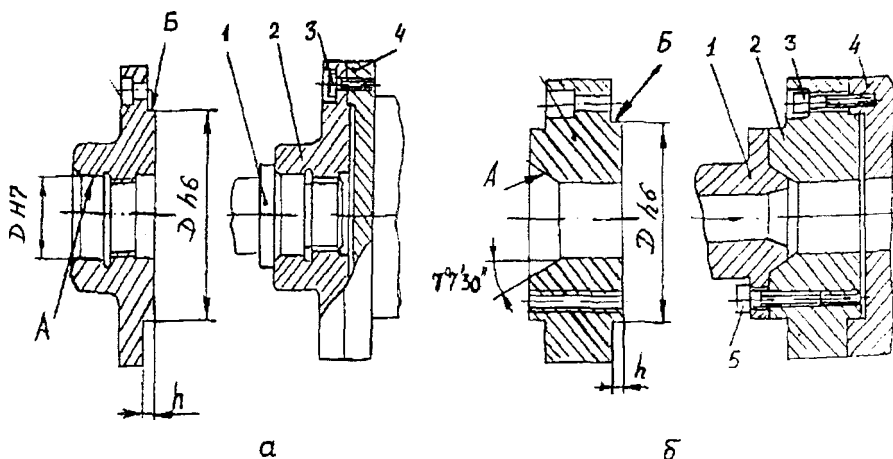


Рис. 5.3. Установка приспособления на переходный фланец с центрирующим цилиндрическим пояском (а) и с коническим пояском (б) на токарном станке: 1 — шпиндель; 2 — переходный фланец; 3 — винт; 4 — корпус приспособления; 5 — винт

При установке приспособлений на переходные фланцы (рис. 5.3) последние имеют слева посадочные поверхности А, выполненные по форме посадочного места шпинделя, а справа — центрирующий буртик В диаметром D и высотой $h=2...4$ мм. Диаметр D рекомендуется выполнять с отклонениями по кб или h6. В корпусе

приспособления предусмотрена центрирующая выточка по диаметру буртика Б фланца. Диаметр D выточки рекомендуется выполнять с отклонениями по Н7 или Н6. На рис. 5.3, а дан эскиз переходного фланца и соединение фланца 2 со шпинделем станка 1 и корпусом приспособления 4, когда шпиндель станка имеет цилиндрический центрирующий поясок. Соединение корпуса приспособления с переходным фланцем осуществляется винтами 3. Во избежание самоотвинчивания фланца он стопорится по резьбе на шпинделе 1. На рис. 5.3, б приводится эскиз аналогичного соединения для шпинделя станка, имеющего конический центрирующий поясок. Переходный фланец 2 крепится к шпинделю станка 1 болтами 5. Этот способ соединения корпуса приспособления с переходным фланцем по коническому пояску обеспечивает установку приспособления с более высокой точностью, чем на рис. 5.3, а, и поэтому в настоящее время он наиболее широко применяется на прецизионных станках и станках с ЧПУ.

Установка приспособлений на круглошлифовальных станках осуществляется главным образом в центрах тем же способом, как и на токарных, хотя имеются некоторые различия в устройстве шпинделей круглошлифовальных и токарных станков. Современные круглошлифовальные станки (кроме универсальных) имеют вращающийся шпиндель, что дает возможность избежать влияния на точность обработки погрешности биения шпинделя. Вращение приспособлению передается поводковым устройством, которое со шпинделем не связано, оно устанавливается на одном из вращающихся вокруг шпинделя фланцев передней бабки.

На универсальных круглошлифовальных станках шпиндель может получать вращение. В этих случаях приспособление базировается в коническое отверстие шпинделя, а также на переходную планшайбу, на которой устанавливают самоцентрирующие патроны или оправки.

На фрезерных, расточных, сверлильных, многооперационных и других станках корпус приспособления устанавливается своими базовыми поверхностями на столе, имеющем Т-образные пазы.

Рассмотрим установку корпусов приспособлений на фрезерных станках. Посадочным местом для установки приспособления на станке является его стол. На корпусе приспособления снизу предусматриваются базовые поверхности, которыми оно контактирует с плоскостью стола (рис. 5.4). В небольших приспособлениях посадочная поверхность имеет вид сплошной плоскости А (рис. 5.4, а). В приспособлениях значительных размеров в средней части посадочной плоскости А делают неглубокую выемку В (рис. 5.4, б) или полость Г (рис. 5.4, в). Благодаря таким выем-

кам, средняя часть корпуса приспособления не соприкасается с плоскостью стола и оно устанавливается достаточно устойчиво. Для закрепления приспособления на столе станка в основании корпуса 1 (рис. 5.4, а) предусматриваются проушины Б, в которые заводятся крепежные болты 2. Головки болтов удерживаются в Т-образных пазах стола. Количество проушин, а следовательно, и болтов выбирается в зависимости от действующих усилий резания. В большинстве случаев удастся обходиться двумя противоположными проушинами и лишь при больших усилиях резания приходится предусматривать четыре — по две с каждой стороны. При четырех проушинах шаг t (см. рис. 5.4, б) между ними согласуется с шагом Т-образных пазов стола станка.

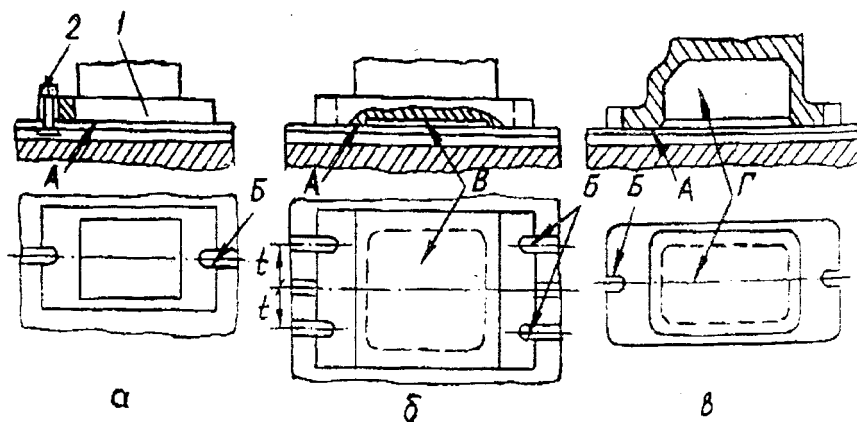


Рис. 5.4. Посадочные поверхности корпусов фрезерных приспособлений

Часто требуется придать приспособлению вполне определенное положение на столе станка по отношению к направлению продольной подачи стола. В этом случае ориентацию приспособления производят с помощью вспомогательных элементов, т. е. призматических шпонок по Т-образным пазам стола, направление которых точно совпадает с направлением его продольной подачи. Наиболее широко используются стандартные призматические шпонки (рис. 5.5, а). Основным размером шпонки является ширина B , которая должна быть равна ширине Т-образного паза стола. Размер B выполняется по качеству $h8_1$. В шпонках с канавкой размер B_1 принимается на 0,5—1,0 мм больше ширины B , что необходимо для пригонки шпонки по Т-образному пазу стола.

На каждое приспособление ставят по две шпонки. Шпонки 1 устанавливаются на корпусе 2 приспособления снизу в специально предусмотренном пазу Б и закрепляются винтом 3 (рис. 5.5, б). Шпонки располагают таким образом, чтобы они входили в один и тот же Т-образный паз стола—обычно средний, как более точный (рис. 5.5, в).

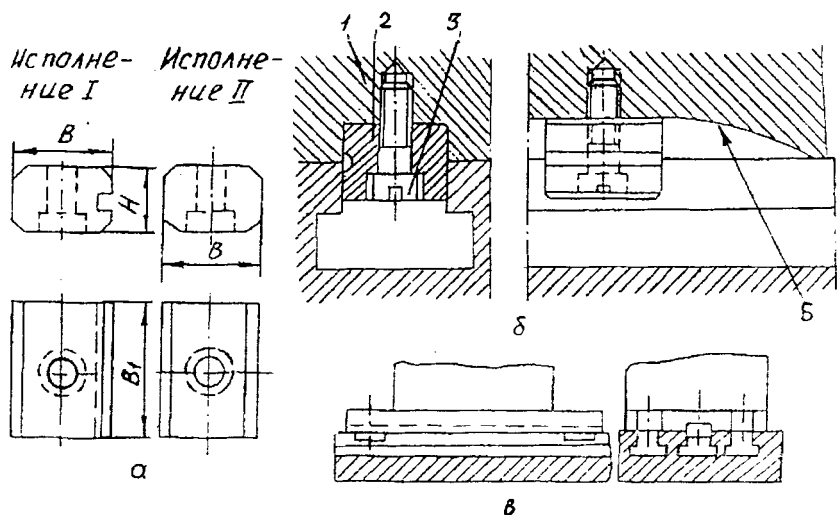


Рис. 5.5. Установка приспособлений с помощью шпонок на фрезерных станках: а — конструкции стандартных шпонок; б — способ крепления шпонок на приспособлении; в — схема установки

Вследствие износа по мере эксплуатации и ремонта оборудования ширина пазов на столах станков часто выходит за пределы допусков, что приводит к увеличению зазоров между шпонкой приспособления и пазом стола. Поэтому для предотвращения возможного поворота приспособления на столе при установке его прижимают шпонками к одной стороне паза стола и тем самым уменьшают погрешность расположения на станке.

Oриентация приспособления на столе с помощью шпонок по Т-образным пазам осуществляется и на других станках.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляются к корпусам?
2. Какие корпуса используются в приспособлениях?

3. Какие применяют способы установки корпусов на станках токарной группы?
4. Каким образом устанавливаются и закрепляются фрезерные приспособления на столе станка?

Глава 6. Типовые конструкции приспособлений к универсальным металлорежущим станкам

6.1. Приспособления для станков токарного типа и круглошлифовальных

Приспособления к станкам токарного типа и круглошлифовальным служат для установки заготовок, у которых обрабатывают поверхности вращения. Из этих приспособлений наибольшее применение имеют самоцентрирующие патроны и оправки, которые позволяют одновременно базировать и закреплять заготовки. По конструкции самоцентрирующих механизмов (элементов) патроны и оправки подразделяют на кулачковые, цанговые, мембранные, с тарельчатыми пружинами, с гидропластмассой и др. В зависимости от вида и точности обработки заготовки выбирают патроны и оправки с соответствующим самоцентрирующим механизмом. Патроны и оправки могут быть с ручным или механизированным приводом.

Рассмотрим наиболее характерные конструкции патронов и оправок.

Патронами принято называть приспособления, которые центрируют и закрепляют заготовку по наружной базовой поверхности. Патроны соединяют с концом шпинделя станка с помощью переходного фланца (см. гл. 5) или закрепляют на фланцевые концы шпинделя [8, 24].

В конструкции универсального трехкулачкового патрона (рис. 6.1) базирование и закрепление заготовки осуществляется тремя сборными кулачками, состоящими из основного 5 и сменного кулачков 6, которые перемещаются в радиальных Т-образных пазах корпуса 1. На поверхности кулачков, обращенных в сторону корпуса, имеются зубья рейки, которые выполнены по архимедовой спирали, причем зубья находятся в зацеплении со спиралью диска (улитки) 2. Спиральный диск центрируется на ступице корпуса патрона. На противоположной стороне диска выполнено коническое зубчатое колесо 3, установленные в корпусе патрона. Отражатель 4 служит для предотвращения осевого перемещения спирального диска 2 и предохранения от попадания стружки в зону коническо-

го зацепления. Привод кулачков осуществляется вращением зубчатого колеса 3, сообщающего вращательное движение спиральному диску, которое преобразуется в поступательное движение кулачков. Корпус патрона диаметром D центрируется и закрепляется тремя болтами на переходном фланце, который соединен со шпинделем станка.

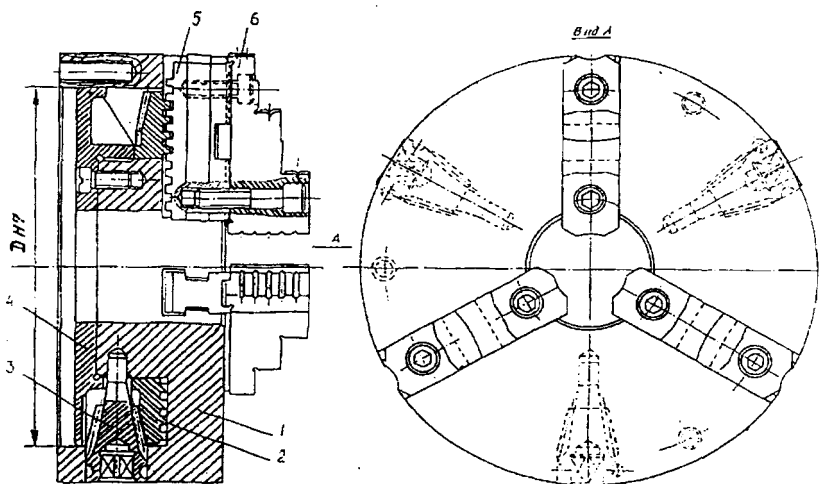


Рис. 6.1. Патрон самоцентрирующий трехкулачковый со спирально-реечным механизмом

Эти патроны не обеспечивают высокой точности установки (центрирования) заготовок вследствие значительной погрешности обработки при изготовлении спирального диска с изменяющимся радиусом кривизны и зубьев рейки на кулачках, а также ввиду малой площади контакта зубьев кулачков со спиралью происходит ускоренный износ и пониженная жесткость соединения. Наличие ручного привода снижает производительность работы патрона. Поэтому указанные патроны обычно применяют при черновой и получистовой обработке в единичном и мелкосерийном производстве.

Конструкция универсального переналаживаемого трехкулачкового клинового патрона с пневматическим приводом приведена

на рис. 6.2. Основные кулачки 1 размещены в радиальных пазах корпуса 2. Наклонные выступы кулачков находятся в контакте с наклонными пазами скользящей муфты 4, образуя с ними клиновые пары. Скользящая муфта 4 получает движение от пневмопривода. Втулка 5 защищает клиновые соединения от попадания стружки и используется для установки в ее конусное отверстие упоров, центров. Фиксатор 3 определяет рабочее положение клинового зацепления при сборке патрона. При замене основных кулачков снимают втулку 5, торцовым ключом поворачивают скользящую муфту 4 против часовой стрелки на угол 15° до упора штифта 6 в торец паза муфты и вынимают кулачки 1 из пазов корпуса 2. К основным кулачкам 1 двумя винтами закрепляются сменные кулачки 7 с помощью сухарей 8, которые располагаются в Т-образных пазах основных кулачков. На плоскостях

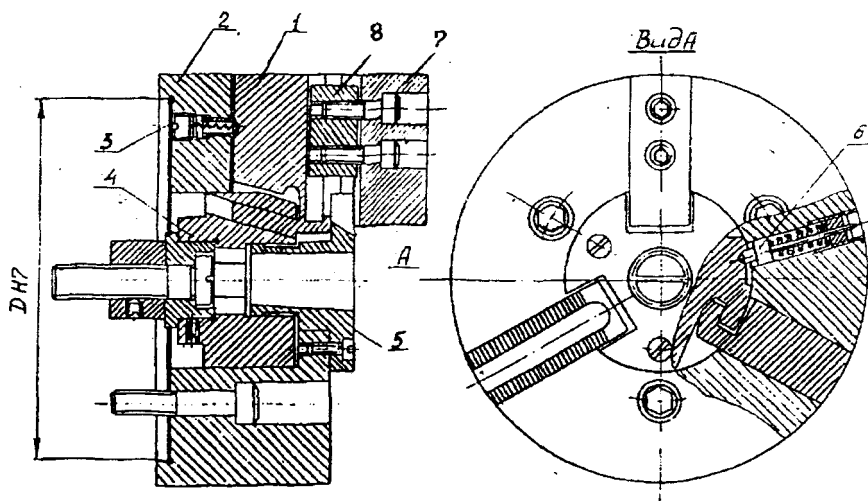


Рис. 6.2. Патрон самоцентрирующий трехкулачковый с клиновым механизмом

основных и сменных кулачков имеются торцовые зубья (шлицы) с шагом 1,5 мм. Учитывая, что угол клинового соединения имеет 15° , ход кулачков ограничен и составляет 7—10 мм. Поэтому при установке заготовок других размеров или при замене сменных кулачков патрон переналаживают. При наладке освобождают винты

и сменные кулачки 7 вместе с сухарями 8 перемещают относительно основного кулачка 1 на необходимое число шагов, а затем закрепляют. Данные патроны обладают повышенной точностью, жесткостью и износоустойчивостью. Они нашли широкое применение на универсальных станках токарного типа.

Широкое применение также имеют универсальные переналаживаемые трехкулачковые патроны с рычажным механизмом и пневматическим приводом. Конструкция такого патрона представлена на рис. 3.14. Переналадка патрона осуществляется аналогично рассмотренному патрону с клиновым механизмом (см. рис. 6.2).

Оправки — это приспособления, которые применяются для установки заготовок по базовому отверстию. Оправки разделяются на концевые (хвостовые) и центровые. Концевые оправки соединяются с концом шпинделя станка, а центровые устанавливаются в центрах станка (см. рис. 5.2). Кроме того, оправки подразделяют на жесткие и разжимные. Жесткие оправки просты по конструкции и в зависимости от формы базового отверстия заготовки имеют цилиндрическую, коническую, шлицевую или резьбовую установочную поверхность. Разжимные оправки имеют более сложную конструкцию.

Рассмотрим некоторые виды разжимных оправок.

В производстве двигателей сравнительно широко применяют оправки с разжимными плунжерами или кулачками (сухарями). Их число зависит от диаметра базового отверстия и жесткости заготовки и составляет от трех до двенадцати, расположенных в одном сечении (ряду) корпуса оправки по окружности. Чем больше диаметр базового отверстия и меньше жесткость заготовки, тем больше размещают плунжеров или кулачков. При установке более длинных заготовок или, когда базовое отверстие имеет неодинаковое сечение (конусное, ступенчатое), плунжеры размещают в двух сечениях (два ряда) по длине оправки. При этом каждый ряд плунжеров имеет независимое перемещение, что позволяет выцентровать и надежно закрепить заготовку. Перемещения плунжеров обычно осуществляются с помощью клинового механизма (конусом) от ручного или механизированного зажима. Контактные поверхности плунжеров или кулачков, как правило, обрабатывают (шлифуют) под размер базового отверстия заготовки непосредственно на рабочем месте (на станке). Плунжерные и кулачковые оправки могут быть как консольные, так и центровые.

Плунжерные оправки используют для установки длинных заготовок с необрабатываемым базовым отверстием (обечайки, камеры и т. п.). Точность центрирования таких оправок невысокая.

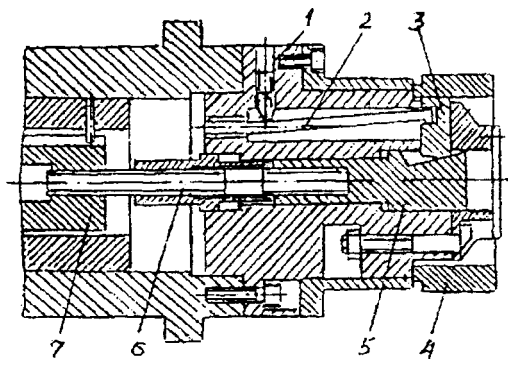


Рис. 6.3. Разжимная кулачковая оправка с гидравлическим приводом

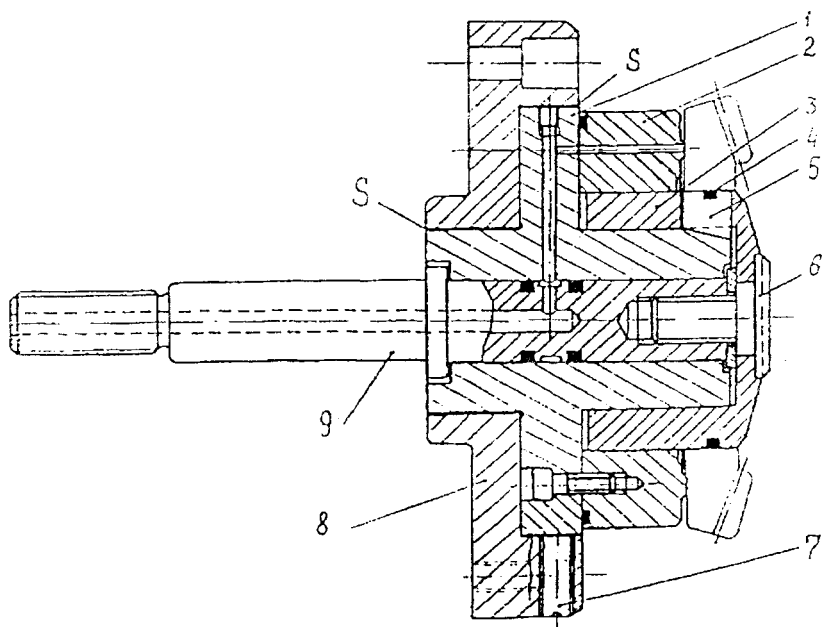


Рис. 6.4. Оправка разжимная кулачковая

Кулачковые оправки (с одним рядом кулачков) обычно применяются для установки коротких заготовок (штулки, зубчатые колеса, кольца и т. п.) с хорошо обработанным базовым отверстием.

Кулачковая разжимная оправка (рис. 6.3.) предназначена для центрирования и закрепления заготовок типа колец под необработанным отверстием. В отверстии корпуса 1 установлен плунжер 5 с тремя клиновыми скосами, взаимодействующими с тремя кулачками 3. Осевое усилие зажима передается от гидроцилиндра через штулку 7 и шпильку 6 к плунжеру 5. При перемещении последнего влево кулачки 3 перемещаются в радиальном направлении (благодаря наличию на плунжере клиновых скосов), и заготовка 4 зажимается. При освобождении заготовки кулачки возвращаются в исходное положение под действием плоских пружин 2.

На рис. 6.4. приведена конструкция кулачковой оправки. На корпусе 1 закреплено упорное кольцо 2 и свободно установлена обойма 3, соединенная с хвостовиком 9 винтом 6. В окнах обоймы вставлены кулачки 5, которые находятся в конусных пазах корпуса 1. От выпадания кулачки удерживаются кольцевой пружиной 4. Корпус устанавливается в переходник 8 с зазором S и закрепляется винтами 7.

При монтаже приспособления переходник 8 центрируется пояском 10 и закрепляется на переходном фланце, который соединен со шпинделем станка, а хвостовик 9 через тягу соединяется со штоком пневмопривода. Обеспечение высокой точности совпадения осей оправки и шпинделя станка достигается путем регулировки корпуса 1 в радиальном положении винтами 7.

Заготовка устанавливается на обойму с упором в кольцо 2. При включении пневмопривода перемещается хвостовик, обойма и кулачки, которые выцентровывают и закрепляют заготовку. После обработки и закрепления заготовка снимается с оправки с помощью сжатого воздуха, который подается через центральное отверстие хвостовика 9, радиальные и торцовые каналы.

Такие оправки обеспечивают высокую точность центрирования и применяются для обработки заготовок на чистовых и окончательных операциях.

6.2. Цанговые патроны и оправки

Цанговые самоцентрирующие механизмы. Цангами называют разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать и закреплять заготовки по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы широко применяются для зажима пруткового материала, а также коротких штучных заготовок.

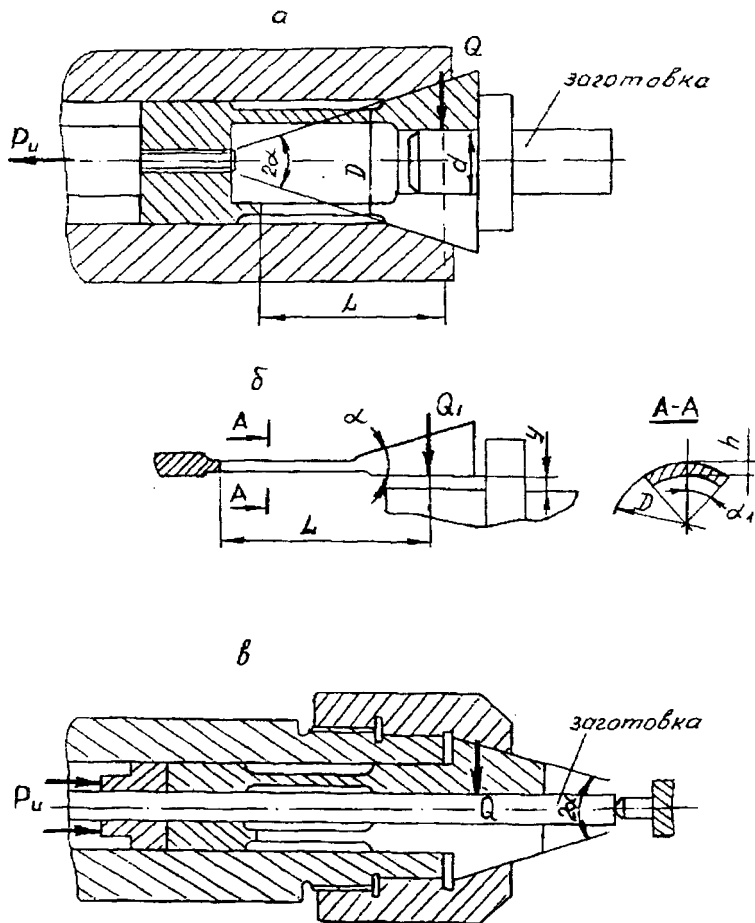


Рис. 6.5. Схема цанговых патронов:
 а – закрепление короткой заготовки; б – конструкция лепестков цанги;
 в – закрепление прутковой заготовки

На рис. 6.5 приведены конструкции цанговых механизмов для центрирования по наружному диаметру: с тянущей цангой, которые применяют для закрепления штучных заготовок (рис. 6.5, а, б); с толкающей цангой (рис. 6.5, в), чаще всего применяемой для закрепления пруткового материала (для фиксирования прутка в осевом направлении упор установлен впереди цанги). Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения при продольном движении цанги за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса. 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 зажимаемых заготовок. При $d \leq 30$ мм цанга имеет три лепестка, при $30 < d < 80$ мм — четыре, при $d \geq 80$ мм — шесть. 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 качества.

Цанги изготавливают из стали У8А или 65Г, крупные цанги — из стали 15ХА или 12ХН3А. Рабочую часть закаливают до твердости HRC₃ 55...62, хвостовую часть подвергают отпуску до твердости HRC₃ 30...40.

Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и составляет порядка 0,05...0,1 мм.

При определении величины исходного усилия P_n необходимо учитывать то, что часть силы тяги привода затрачивается на сжатие лепестков цанги. Для определения силы Q' , затрачиваемой на деформацию лепестка, рассмотрим лепесток цанги как консольно закрепленную балку (см. рис. 6.5, б) с вылетом L . При этом

$$y = \frac{Q'L^3}{3EI},$$

тогда для всех лепестков

$$Q' = \frac{3EI}{L^3} y_n,$$

где E — модуль упругости материала цанги; I — момент инерции сектора сечения цанги в месте заделки лепестка цанги;

$$I = \frac{D^3 h}{8} \left(\alpha + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin \alpha^2}{\alpha_1} \right);$$

D — наружный диаметр поверхности лепестка; h — толщина лепестка; α_1 — половина угла вектора лепестка цапги; L — длина лепестка цапги от места заделки до середины конуса; n — число лепестков в цапге; y — стрела прогиба лепестка, т. е. радиальный зазор между цапгой и заготовкой.

Таким образом величина исходного усилия $P_{и}$ определяется по формуле:

$$P_{и} = \left(Q + \frac{3EI}{L^3} yn \right) [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2],$$

где 2α — угол конуса цапги, град; φ_1 — угол трения между цапгой и корпусом, град; φ_2 — угол трения между цапгой и заготовкой, град.

На рис. 6.6 показаны конструкции разжимных оправок. При установке заготовок на эти оправки погрешность не превышает 0,02...0,03 мм. У разжимной центральной оправки (рис. 6.6, а) цапга 2 с двусторонними продольными прорезями, перемещаясь с помощью гайки 5 по конусу 3, упруго разжимается и закрепляет заготовку 4. Штифт 6 удерживает от поворота, а гайка 1 служит для отжатия цапги при снятии заготовки. Шариковая консольная оправка (рис. 6.6, б) служит для закрепления коротких заготовок. В сепараторе 3 имеется шесть отверстий с шариками 2 диаметром 6—10 мм, находящимися в контакте с конусом корпуса оправки 1.

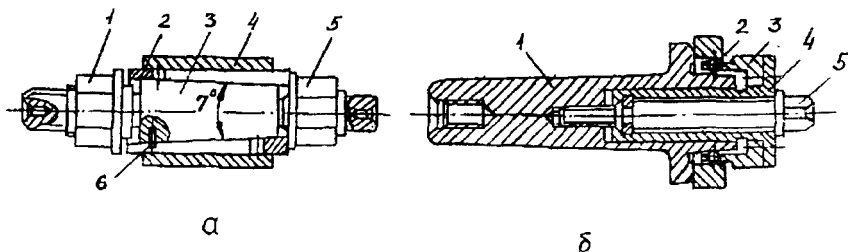


Рис. 6.6. Разжимные оправки: а — цапговая, б — шариковая

Осевое перемещение сепаратор получает от винта 5 через скользящую втулку 4, к которой прикреплен сепаратор. При перемещении и раздвижении шариков заготовка 6 центрируется и одновременно поднимается к осевому упору. Для точного центрирования необходимо, чтобы шарики не отличались по диаметру больше

чем на 2 мкм, а установочный и центрирующий конусы были соосны. На шариковых раздвижных оправках можно закреплять заготовки с разницей диаметров до 5 мм.

6.3. Патроны и оправки с мембранами, с тарельчатыми пружинами и гидропластмассой

Большинство цилиндрических посадочных и центрирующих поверхностей деталей двигателей выполняют с высокой точностью диаметров (по 5—8 качеству) и расположением поверхностей (несоосность, биение, некоцентричность) не выше 0,005...0,05 мм. Обычно такие поверхности обрабатывают на шлифовальных станках. Естественно, что для обеспечения такой точности обработки заготовок приспособления должны быть изготовлены с более высокой точностью, чтобы погрешности установки заготовки в приспособлении были сведены к минимуму и не превышали 30—40% допуска на заданный параметр обработки. Для выполнения таких требований необходимо довести погрешность установки самого приспособления на станке до значений, близких к нулю, и применить такие высокоточные самоцентрирующие элементы, которые бы позволили снизить до минимума погрешности базирования и закрепления.

Наиболее распространенными приспособлениями для шлифовальных станков являются самоцентрирующие оправки и патроны. Среди оправок чаще используют центровые, так как точность установки приспособления в центрах очень высокая—погрешность не превышает 0,005...0,01 мм. Ниже приведены конструкции нескольких специальных оправок и патронов для шлифовальных станков.

Механизмы с мембранами применяют для центрирования и закрепления по наружной и внутренней цилиндрической поверхности заготовок типа колец, втулок и т. д. Учитывая, что при деформации мембраны ее размеры увеличиваются незначительно, базовые поверхности заготовки должны быть обработаны не ниже 7—8 качества. Основной частью такого механизма является мембрана. Зажим заготовки в мембране может осуществляться как силой упругости, так и усилием, создаваемым приводом. В первом случае мембрану перед установкой заготовки деформируют усилием P_0 , чтобы можно было создать зазор и вставить заготовку, а затем после ее установки усилие P_0 снимают, и мембрана силами упругости закрепляет заготовку (рис. 6.7,б).

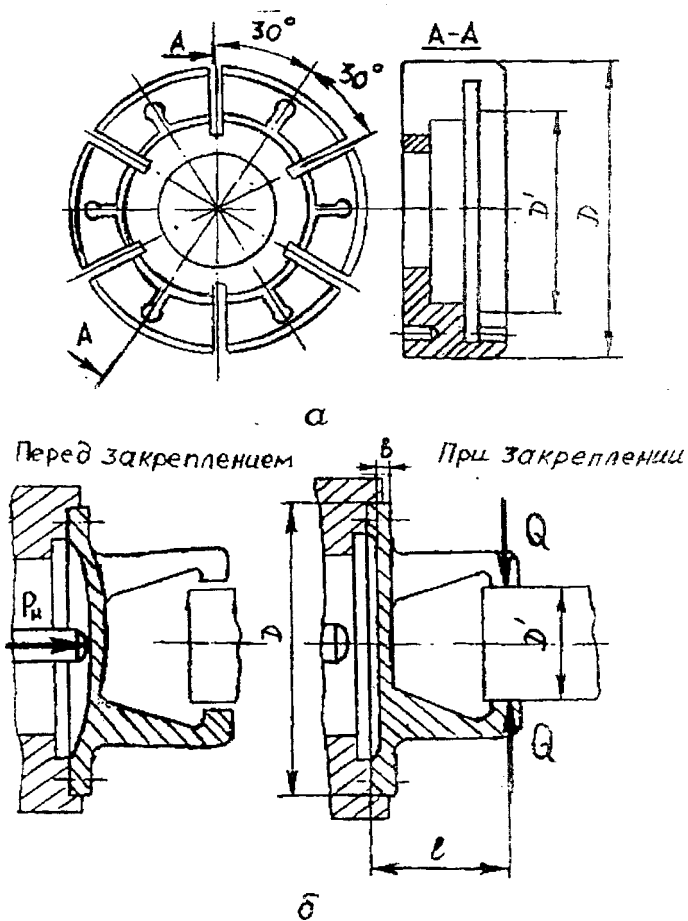


Рис. 6.7. Мембраны: а — чашечная, б — рожковая

В приспособлениях применяют чашечные и рожковые мембраны (рис. 6.7), которые являются стандартными.

Чашечные и рожковые мембраны изготавливают из сталей 65Г, У10А, 30ХГС и подвергают термообработке до твердости HRC₃, 40...45. Патроны с рожковыми и чашечными мембранами могут обеспечивать точность центрирования 0,003...0,010 мм.

Расчет рожковой мембраны (рис. 6.7,б), закрепляющей заготовку силами упругости, рекомендуется производить в следующей последовательности.

1. Определяем зажимное усилие Q на одном кулачке (рожке):

$$Q = 10^3 \frac{KM_{рез}}{nfr},$$

где $M_{рез}$ — момент от сил резания, Н·м; n — число кулачков у мембраны ($n=6-12$); f — коэффициент трения между заготовкой и кулачком; r — радиус базы заготовки ($r=0,5D'$); K — коэффициент надежности закрепления.

2. Находим величину момента, вызывающего изгиб диска мембраны:

$$M_{изг} = \frac{Qrl}{2\pi r}$$

где $M_{изг}$ — распределенный по окружности радиусом r момент, вызывающий изгиб диска мембраны; l — расстояние от середины кулачков до средней плоскости мембраны.

3. Выбираем наружный диаметр мембраны D :

$$D = (1,3...3,0) D',$$

где D' — диаметр базы заготовки.

4. Определяем толщину диска мембраны v :

$$v = 0,025 D.$$

5. Определяем отношение $D/2r$, а по нему — величину момента заделки $M_{зд}$ в долях от $M_{изг}$, пользуясь следующими данными.

$D/2r$	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
$M_{зд}$	0,825	0,675	0,590	0,565	0,556	0,565	0,575	0,585

6. Рассчитываем цилиндрическую жесткость изгиба мембраны:

$$B = \frac{E v^3}{10^3 \cdot 12(1 - \mu^2)},$$

где B — цилиндрическая жесткость изгиба мембраны единичной ширины; E — модуль упругости ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа); μ — коэффициент ($\mu = 0,3$); v — толщина мембраны.

7. Находим угол φ разжима кулачков (рожков) при закреплении заготовки с наименьшим предельным размером установочной базы:

$$\varphi = \frac{M_{\text{зад}} \cdot r}{10^3 \cdot B(1 + \mu)},$$

где φ — угол разжима кулачков.

8. Определяем угол φ' максимального разжима кулачков:

$$\varphi' = \varphi + \frac{T_D'}{2l} + \frac{H}{2l},$$

где T_D' — допуск на диаметр D' базы заготовки; $H = 0,01 - 0,03$ мм — зазор между базой заготовки и кулачками перед установкой заготовки с наибольшим диаметром базы.

9. Рассчитываем исходное усилие $P_{\text{и}}$, необходимое для разжима кулачков перед закреплением заготовки:

$$P_{\text{и}} = \frac{4 \cdot 10^3 \pi B \varphi'}{2 \ln(D/2r)}$$

Для точного центрирования и зажима типа диска, втулки, кольца на операциях окончательной обработки применяют патроны, оснащенные мембранами. На рис. 6.8 показана конструкция мембранного патрона с ручным приводом. Центрирующим и закрепляющим элементом здесь является мембрана 1, установленная на корпусе 2. Корпус патрона закрепляется на шпинделе станка через переходный фланец 3. Заготовка (кольцо или втулка) устанавливается по наружному диаметру в кулачки мембраны и торцом упирается в опоры 4. При повороте нажимного винта 5 мембрана деформируется и кулачками центрирует и закрепляет заготовку. Раскрепление заготовки происходит при вывинчивании винта.

На рис. 6.9 приведена концевая цанговая оправка, центрирующим и зажимным элементом которой является цанга. Дан-

ная оправка соединяется с переходным фланцем, установленным на шпинделе станка. Работа оправки осуществляется следующим образом. В исходном состоянии конусная шайба 1 находится в крайнем правом положении, а цапга 2 освобождена

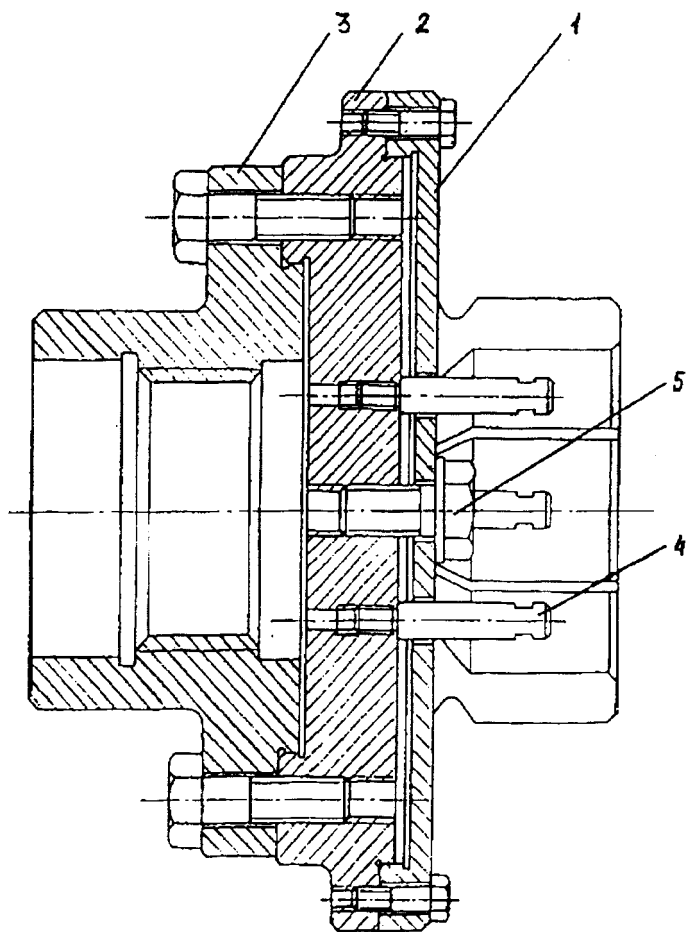


Рис. 6.8. Патрон мембранный

от упругих деформаций. Обрабатываемая заготовка свободно (с зазором) устанавливается на наружную цилиндрическую часть цапги до упора в опорное кольцо 3. Затем с помощью пневмопривода, установленного на заднем конце шпинделя передней бабки станка, тяга 5 перемещается влево и за счет наличия конусов 1 и 4 цапга центрируется по отверстию. Опорное кольцо 3 служит для установки заготовки в осевом направлении.

Патроны и оправки с тарельчатыми пружинами применяются в тех случаях, когда при небольших габаритных размерах зажимных устройств требуется обеспечить значительные усилия закрепления. Пластинчатые (тарельчатые) пружины (рис. 6.10,а) используются в приспособлениях для базирования и закрепления заготовок при чистовой обработке и шлифовании. Пружина представляет собой вогнутую шайбу в форме усеченного конуса и имеет сквозные прорезы. При приложении осевой силы P_n происходит приращение наружного (посадочного) диаметра пружины.

На рис. 6.10,б показана схема механизма с двумя паке-

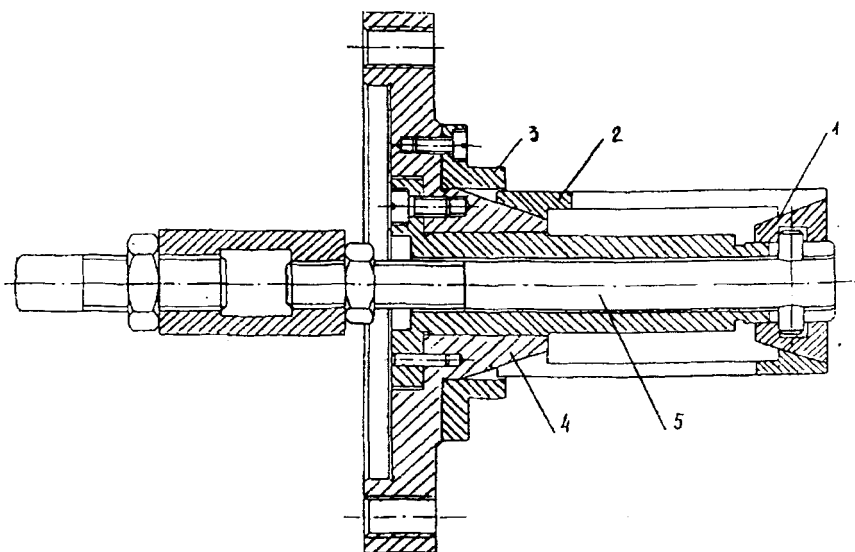


Рис. 6.9. Оправка концевая с пневмоприводом

тами пружин. При приложении силы $P_{н}$ пакеты сжимаются, увеличиваются в диаметре, а заготовка центрируется и зажимается. В зависимости от размера пружин приращение по диаметру может составлять 0,2...0,4 мм. Поэтому базирующие поверхности заготовок могут быть изготовлены по 7—10 квалитету, а точность центрирования достигается в пределах 0,01...0,03 мм.

Расчетная формула для определения $P_{н}$ для одной пружины имеет следующий вид:

$$P_{н1} = 1,33 \operatorname{tg}(\beta - 2^\circ) Q_1,$$

где $P_{н1}$ — исходное усилие (осевая сила), необходимое для сжатия одной пружины; Q_1 — зажимное усилие, создаваемое одной пружиной; β — угол прогиба пружины в свободном состоянии, град; ($\beta = 10—12^\circ$).

Количество пружин для передачи всего крутящего момента, равного $KM_{рез}$, определяется по формуле:

$$n = \frac{KM_{рез}}{M_k},$$

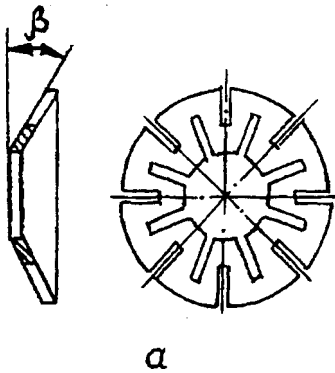
где n — число пружин, установленных в механизме; M_k — крутящий момент трения, создаваемый одной пружиной при приложении осевой силы $P_{н1}$ и передаваемый заготовке.

Исходное усилие $P_{н}$ для комплекта пружин, установленных в зажимном механизме, определяется по формуле:

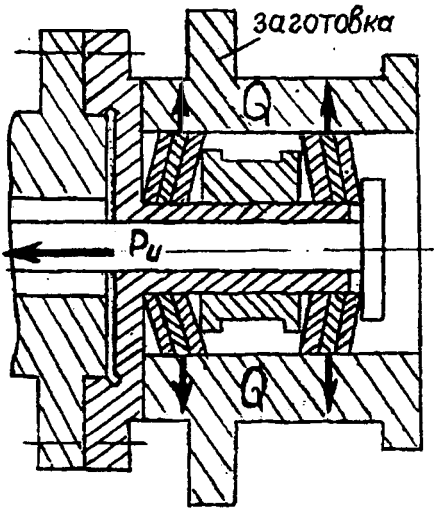
$$P_{н} = P_{н1} \cdot n = 1,33 \operatorname{tg}(\beta - 2^\circ) \cdot Q_1 \cdot n$$

Патроны и оправки с гидропластмассой. В этих силовых механизмах рабочей средой, с помощью которой создается гидростатическое давление в закрытой полости, является гидропластмасса (гидропласт). На рис. 6.11 представлены схемы силовых механизмов с гидропластом. В корпусе запрессована тонкостенная втулка 2. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластом 3, в состав которого входят: полихлорвиниловая смола, дибутилфталат, вакуумное масло, стеарат кальция. Через плунжер 4 на гидропласт создается давление, деформирующее тонкостенную часть втулки, которая центрирует и зажимает заготовку.

Устройства с гидропластом применяются для центрирования и закрепления заготовок как по внутреннему (рис. 6.11,а), так и по наружному диаметру (рис. 6.11,б).



а



б

Рис. 6.10. Силовые механизмы с тарельчатыми пружинами: а—пружина; б—закрепление заготовки на оправке

Точность базовых поверхностей закрепляемых заготовок должна быть не ниже 7—9 качества.

Приспособления обеспечивают высокую точность центрирования порядка 0,003...0,02 мм. Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А, 30ХГС, которые подвергают термообработке до твердости HRC₃ 35...40.

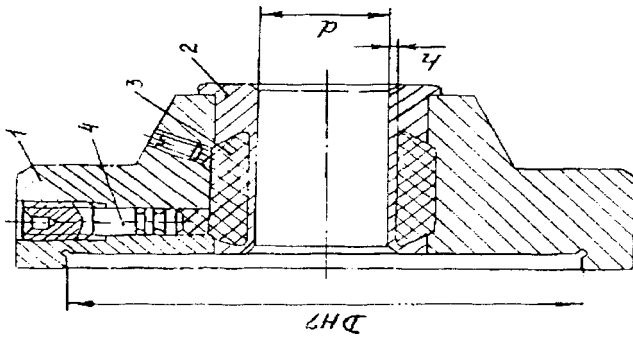
Расчет гидропластовых зажимов рекомендуется производить в следующей последовательности.

1. Выбирают посадку для соединения заготовка—втулка. Посадка заготовки на втулку (рис. 6.11,а) по диаметру D должна быть подвижной с гарантированным зазором. Если диаметр базы заготовки выполнен с отклонениями основного отверстия, то для диаметра втулки следует назначить отклонения по $i7...g9$.

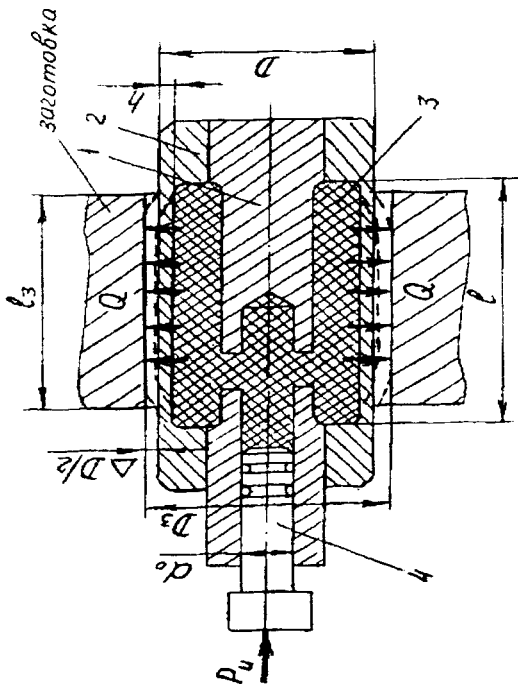
2. Определяют длину тонкостенной части втулки:

$$l = (1,0...1,3) l_3,$$

где l_3 — длина заготовки.



б



а

Рис. 6.11. Силловые механизмы с гидропластмассой: а - схема расчета; б - патрон с гидропластмассой

3. Определяют толщину тонкостенной части втулки по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} \text{при } l \leq 0,5D \quad h &= 0,01D + 0,25 \text{ мм} & (\text{при } D \leq 50 \text{ мм}) \\ & h = 0,02D \text{ мм} & (\text{при } D > 50 \text{ мм}) \\ \text{при } l > 0,5D \quad h &= 0,015D + 0,5 \text{ мм} & (\text{при } D \leq 50 \text{ мм}) \\ & h = 0,025D \text{ мм} & (\text{при } D > 50 \text{ мм}) \end{aligned}$$

4. Рассчитывают максимальный зазор S_{\max} между заготовкой и втулкой в свободном состоянии:

$$S_{\max} = D_{з \max} - D_{вт \min}$$

5. Определяют допускаемую упругую деформацию втулки ΔD по зависимостям:

для втулок из хромистых сталей: $\Delta D \cong 0,003D$ мм;
 для втулок из конструкционных сталей: $\Delta D \cong 0,002D$ мм.

6. Рассчитывают зажимный натяг:

$$\delta = \Delta D - S_{\max}$$

7. Определяют гидростатическое давление p :

$$p = \frac{2\Delta DE \cdot h}{D^2} \quad \text{— для втулок с } l > 0,5D ;$$

$$p = \frac{1,25\Delta DE \cdot h}{D \cdot l} \quad \text{— для втулок с } l \leq 0,5D ,$$

где p и E — в МПа; ΔD и h — в мм.

8. Находят зажимное усилие Q :

$$Q = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{2h}{D} \cdot \frac{2h}{D} \cdot \delta \cdot D$$

где Q — в Н; h , D , δ — в мм.

9. Определяют силу F , удерживающую заготовку от осевого перемещения и поворота:

$$F = iQ = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{2h}{D} \cdot \frac{2h}{D} \cdot \delta \cdot D \cdot i$$

где i — коэффициент трения;

F — в Н; h , D , δ — в мм.

10. Рассчитывают максимальный передаваемый крутящий момент:

$$M_{\max} = F \cdot \frac{D}{2} - 2,5 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{2h}{D} \cdot \delta \cdot D \cdot f}$$

где M_{\max} — в Н·м; h, D, δ — в мм.

11. Находят исходное усилие $P_{\text{и}}$, которое необходимо приложить к плунжеру, чтобы создать зажимное усилие Q :

$$P_{\text{и}} = \frac{\pi d_0^3}{4} \cdot p$$

где $P_{\text{и}}$ — исходное усилие, действующее на плунжер; d_0 — диаметр плунжера; p — гидростатическое давление.

12. Полученные данные для $M_{\text{т.н.х}}$ следует сопоставить с моментом от сил резания $M_{\text{рез}}$. Заготовка не будет проворачиваться, если удовлетворяется условие: $M_{\text{т.н.х}} > K M_{\text{рез}}$.

Гидропластмасса является несжимаемой средой. Ее нагревают до температуры (130—150)°С, заливают через отверстие под плунжер и заполняют каналы и кольцевую камеру. В корпусе приспособления предусматривают отверстие для выхода воздуха из камеры, а затем в это отверстие ставят винт-заглушку (см. рис. 6.11,б). Тонкостенная втулка соединяется с корпусом по неподвижной посадке с натягом, при этом осуществляют нагрев корпуса и охлаждение втулки для патрона и нагрев втулки до температуры 130°С и охлаждения корпуса для оправки.

Приспособления с гидропластом хорошо работают и обеспечивают высокую точность, если плунжер притерт к отверстию с зазором не более 0,02 мм, а разностенность упругой втулки не превышает 0,05 мм.

На рис. 6.12 представлена конструкция концевой оправки с гидропластмассой, предназначенной для установки втулок по внутренней цилиндрической поверхности на внутришлифовальном станке. На корпусе 1 запрессована упругая тонкостенная втулка 4, которая образует кольцевую камеру. Каналы и камера заполнены гидропластом. Усилие на гидропластмассу передается плунжером 2. При этом втулка деформируется по диаметру, центрирует и закрепляет заготовку. Оправка на станке устанавливается с помощью переходного фланца 7 и закрепляется болтами 6. Фланец конусной поверхностью центрируется на конусе шпинделя.

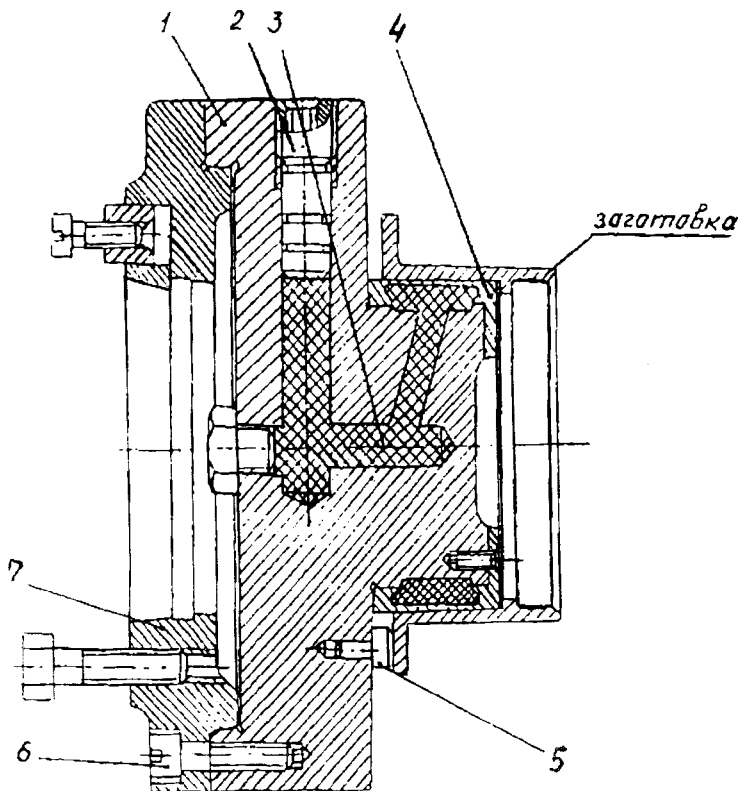


Рис. 6.12. Концевая оправка с гидропластмассой

На рис. 6.13 приведена конструкция патрона с гидропластмассой для закрепления и центрирования заготовки по наружной цилиндрической поверхности при наружном шлифовании канавки. В корпусе патрона 1 запрессована упругодеформируемая втулка 2, которая образует в корпусе кольцевую полость 4, заполняемую гидропластмассой. Усилие на гидропластмассу создается плунжером 3. Патрон на станке центрируется по диаметру $DH7$ и крепится винтами 5.

Оправки и патроны с гидропластмассой обеспечивают высокую точность центрирования, погрешность установки не превышает 0,005...0,02 мм. Они могут быть с ручным или с механизированным приводом.

Следует отметить, что самоцентрирующие элементы с цапгами, мембранным, тарельчатым и гидропластмассовым механизмом успешно применяются в сверлильных, фрезерных, контрольных и других приспособлениях, когда необходима точная установка заготовки.

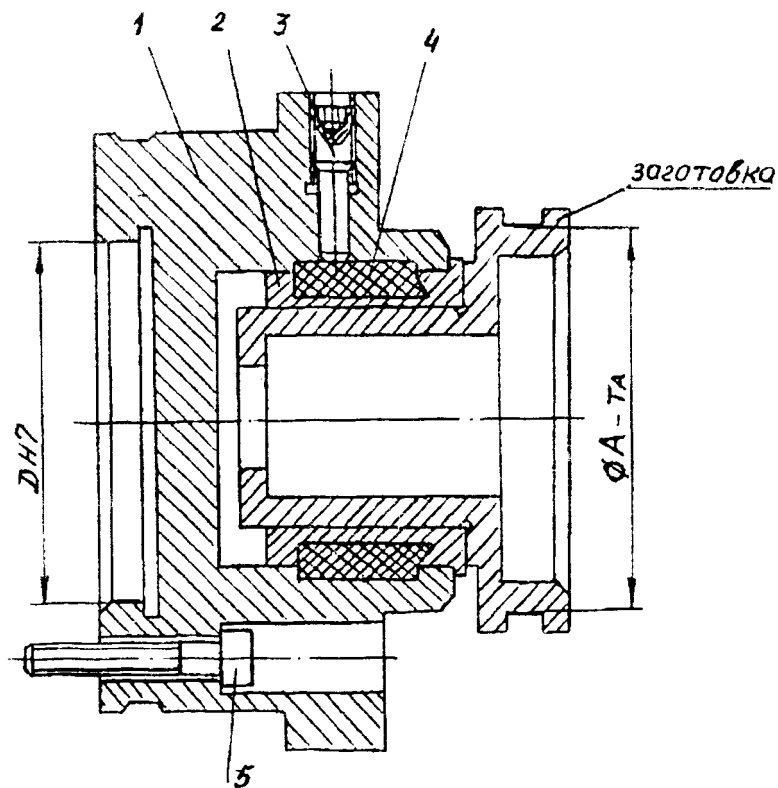


Рис. 6.13. Патрон с гидропластмассой

6.4. Приспособления для сверлильных станков (кондукторы)

Приспособления к сверлильным станкам, служащие для базирования и закрепления обрабатываемых заготовок и снабженные направляющими элементами — кондукторными втулками, называются кондукторами. Кондукторные втулки определяют положение режущего инструмента (сверла, зенкера, развертки и т. п.) относительно установочных поверхностей и создают ему заданное положение при обработке отверстий в заготовке. Кондукторы могут быть стационарные, они закрепляются на столе станка, передвижные и перекладные, которые не закрепляются на столе станка.

В авиадвигателестроении наибольшее распространение получили следующие типы кондукторов, различающиеся конструктивными особенностями: накладные, крышечные, с прижимной откидной планкой, кантовальные, поворотные.

Накладные кондукторы применяются для обработки одного или нескольких отверстий с параллельными осями в крупных заготовках. Они имеют простую конструкцию, которая состоит из кондукторной плиты с кондукторными втулками, установочных и зажимных элементов. Кондуктор устанавливается (накладывается) на заготовку и на ней закрепляется.

На рис. 6.14 приведена конструкция накладного кондуктора для обработки шести отверстий во фланце корпусной заготовки. Установка кондуктора на заготовку осуществляется по плоскости и двум базовым отверстиям. В качестве установочных элементов кондуктора, определяющих положение обрабатываемых отверстий относительно базовых поверхностей заготовки, служат палец 2 и ромбический палец 3, расположенные на кондукторной плите 1. Крепление кондуктора к заготовке осуществляется Г-образным винтовым зажимом 4. Быстросменные кондукторные втулки 5 устанавливаются в промежуточные втулки и фиксируются от проворачивания и перемещения вверх головкой винта 6. Обычно кондукторные плиты средних и больших размеров имеют облегчения в виде отверстия, окна, выемки.

Крышечный кондуктор (в отличие от накладного) имеет корпусные элементы для установки его на столе станка. Кроме того, на корпусе имеются установочные элементы для обрабатываемой заготовки. Кондукторная плита (крышка) в этом случае выполняется в виде съемной или откидной, в ней установлены кондукторные втулки. Кондукторная плита имеет точное расположение относительно установочных элемен-

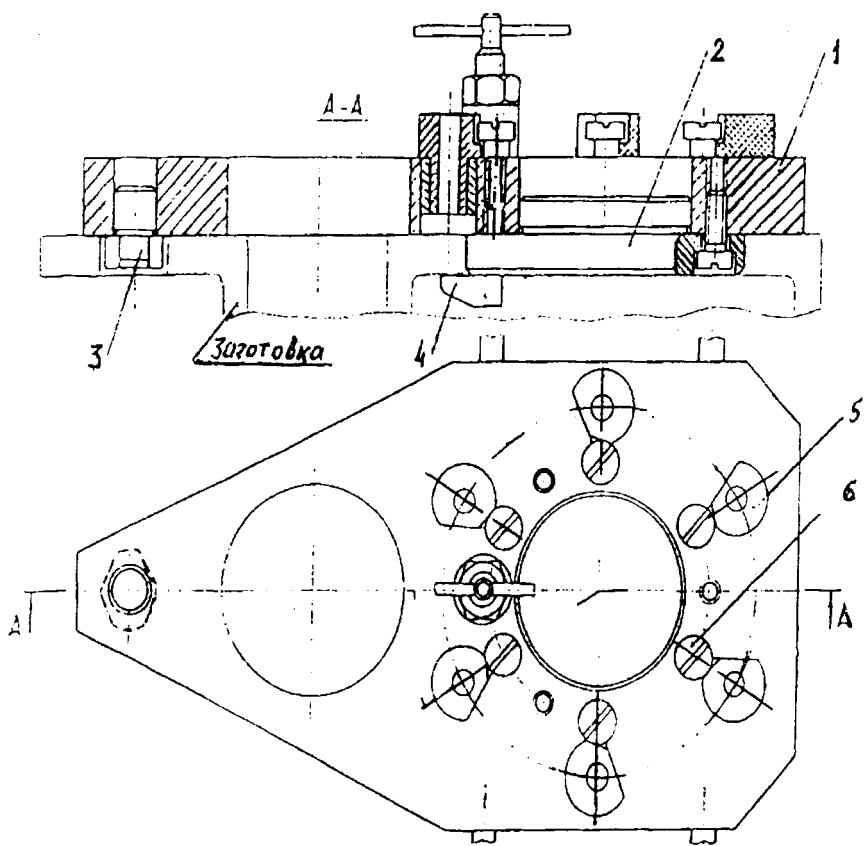


Рис. 6.14. Кондуктор накладной

тов. Конструкция кондуктора с откидной кондукторной плитой приведена на рис. 6.15. С корпусом 1 шарнирно соединена кондукторная плита 2, в которой запрессована кондукторная втулка 3. Перед установкой кондукторная плита откидывается. Заготовка 9 устанавливается на палец 5 с упором в плоскость опоры (кольцо) 4. В угловом положении заготовка фиксируется призмой 8. После установки заготовки откидная плита опускается и соединяется пальцем-фиксатором 7 с корпусом. Закрепление заготовки осуществляется зажимом 6.

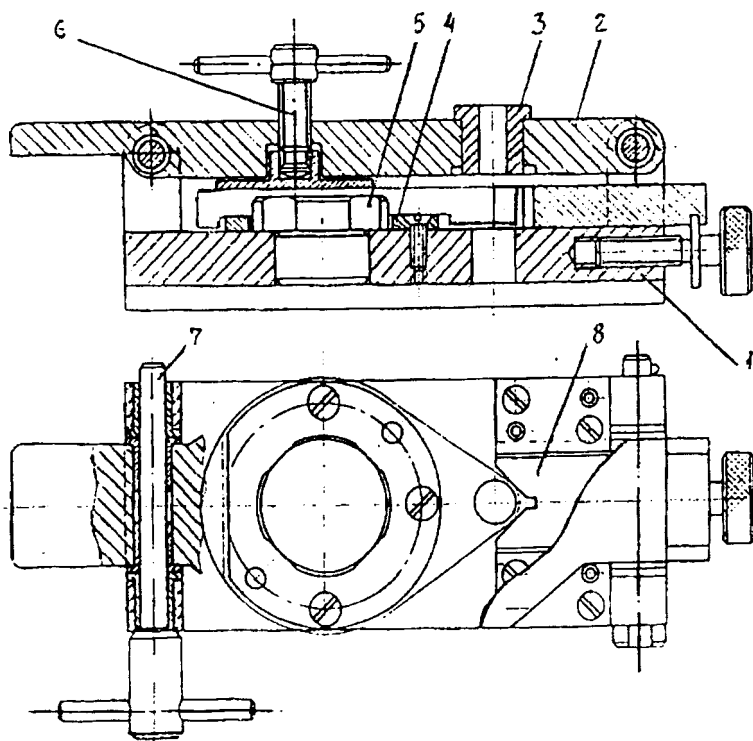


Рис. 6.15. Кондуктор с откидной плитой

Кондуктор с прижимной откидной планкой имеет открытый или закрытый корпус. Его особенность заключается в том, что кондукторные втулки непосредственно размещены в стенке корпуса. Это позволяет повысить точность обработки отверстий, так как отсутствие кондукторной плиты приво-

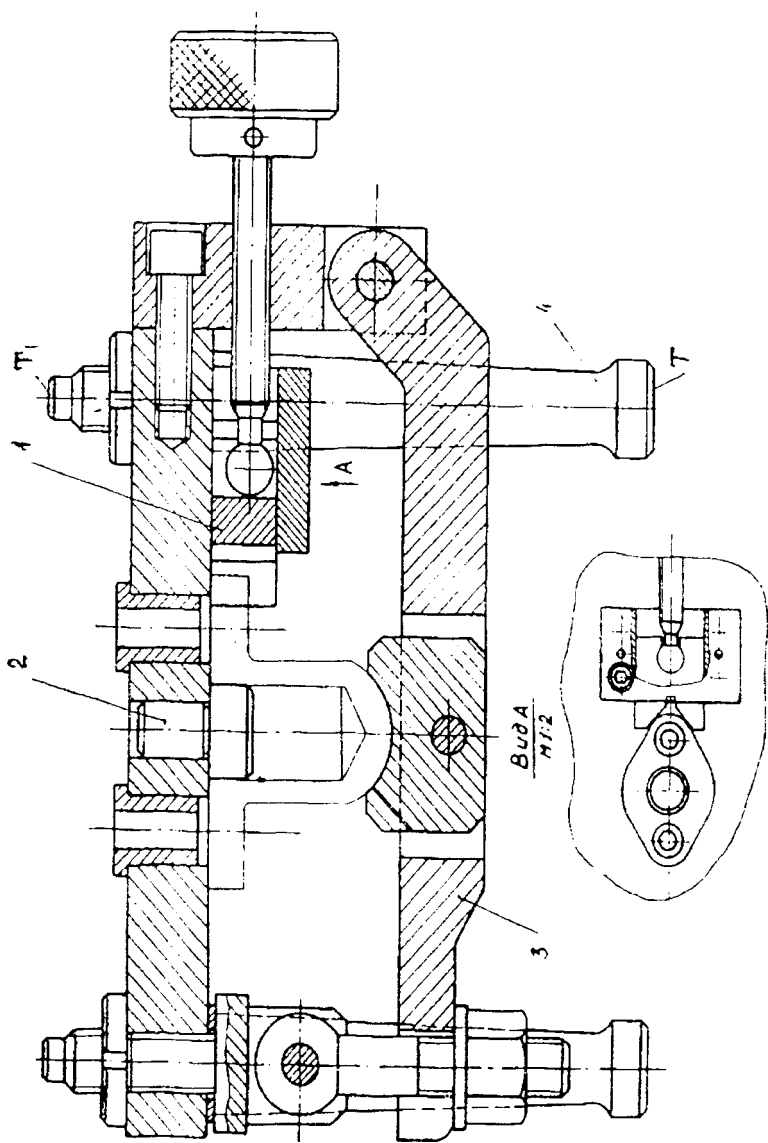


Рис. 6.16 Контактор с триплексной оптической головкой

дит к уменьшению числа элементарных погрешностей. Кондуктор с закрытым корпусом применяют в том случае, когда создается возможность удобно устанавливать и вынимать заготовку из корпуса.

На рис. 6.16 приведена одна из разновидностей кондуктора с прижимной откидной планкой с открытым корпусом для сверления двух отверстий во фланце крышки.

При установке заготовки кондуктор на столе станка стоит на опорных торцах T_1 стоек 4. Прижимная планка прихвата 3 откинута. Заготовка 5 устанавливается на палец 2 и фиксируется в угловом положении призмой 1. С помощью прихвата осушается закрепление заготовки. После этого кондуктор переворачивают и в рабочем положении устанавливают торцами T стоек 3 на стол станка.

Кантующиеся (перекладные) кондукторы применяются для обработки отверстий в небольших заготовках (втулках, валиках, фланцах, кольцах и т. п.), оси которых расположены радиально или на торцевых плоскостях заготовки. На корпусе кондуктора предусматривается столько опорных (базовых) поверхностей для установки его на столе станка, сколько позиций в пространстве должна занимать заготовка в данной операции. Выполняя операцию, нужно переворачивать (кантовать) кондуктор с одной опорной поверхности на другую. Опорные поверхности оформляются в виде плоскостей или ножек.

На рис. 6.17 показан кондуктор, кантующийся на угол 60° для обработки отверстий в корпусе заготовки. В сборном корпусе 1 на боковых гранях запрессованы шесть промежуточных втулок 2, в которые вставлены быстросменные кондукторные втулки 3 для обработки радиальных отверстий. Для сверления в торце заготовки трех отверстий в корпусе кондуктора имеются постоянные кондукторные втулки 4. При обработке радиальных отверстий кондуктор на столе станка устанавливается опорными поверхностями T , а при сверлении торцевых отверстий — ножками T_1 . Заготовка центрируется в установочном элементе поверхностью A и закрепляется гайкой 5 через быстросъемную шайбу 6.

Поворотные кондукторы применяются для обработки отверстий, расположенных по окружности на торцевой поверхности заготовки или радиально в одном сечении. От рассмотренных конструкций они отличаются тем, что снабжены делительным устройством, которое позволяет поворачивать и

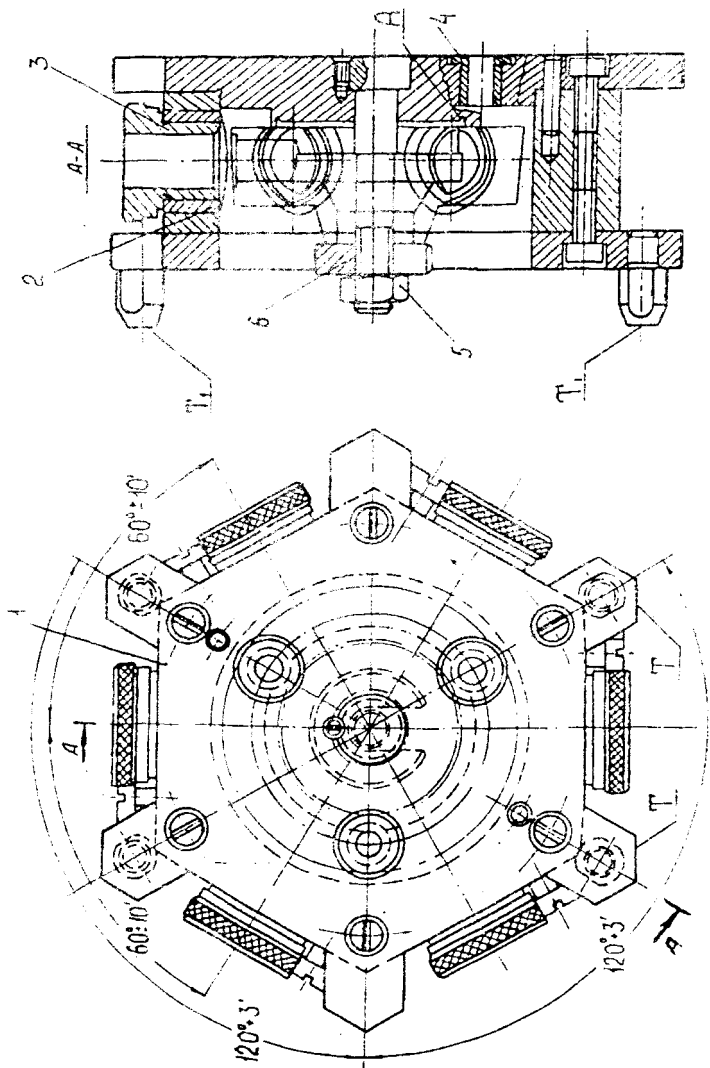


Рис. 6.17. Коллектор, изготавливаемый из углер. 60°

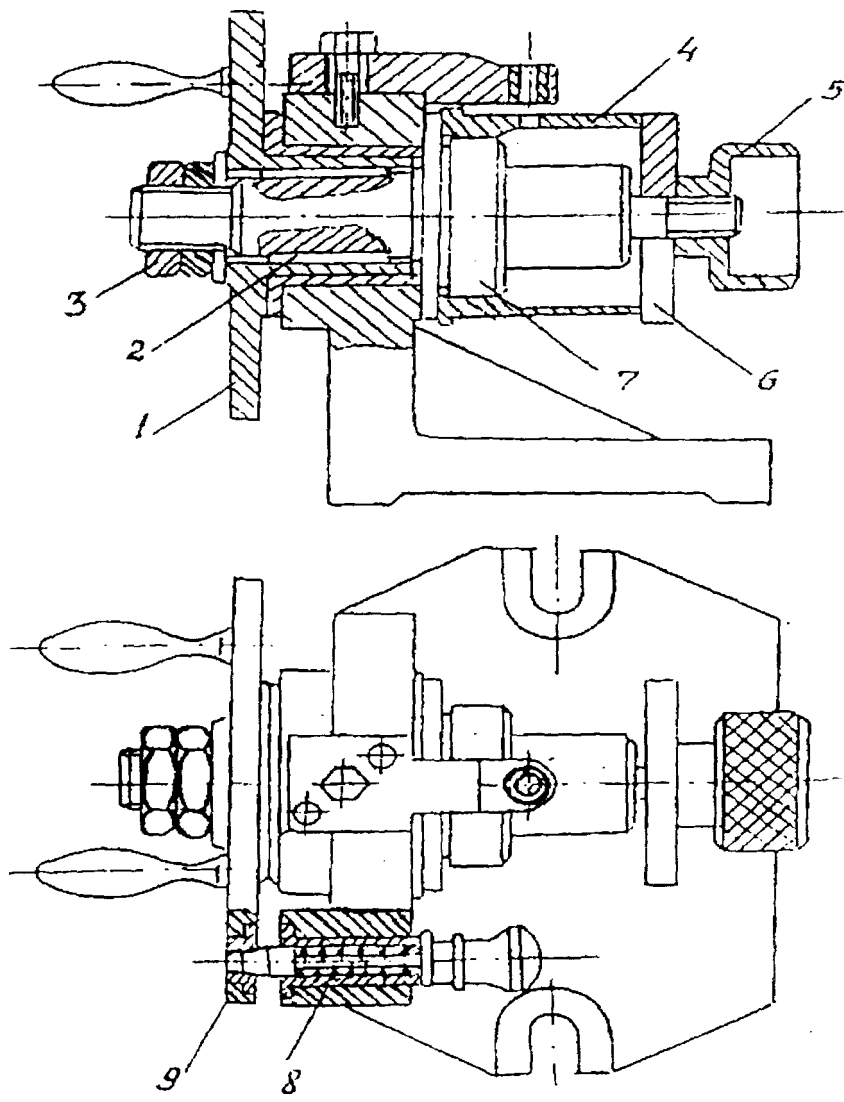


Рис. 6.18. Поворотный кондуктор

устанавливать заготовку в следующую позицию относительно кондукторной втулки, размещенной на корпусе. Кроме того, поворотные кондукторы не имеют ограничений ни по размерам заготовок, ни по числу обрабатываемых отверстий.

Поворотные кондукторы бывают с вертикальной, горизонтальной и наклонной осью вращения. Выбор оси поворота зависит от расположения обрабатываемых отверстий в заготовке.

На рис. 6.18 показан поворотный кондуктор, предназначенный для сверления в заготовке 4 девяти отверстий. Заготовку устанавливают на шпинделе 7 и зажимают гайкой 5 через быстръемную шайбу 6. Делительный диск 1 соединен со шпинделем 7 шпонкой 2. Осевой люфт шпинделя регулируется гайками 3. Фиксатор 9 включается пружиной 3.

В современных условиях авиадвигателестроения наиболее целесообразно применять специализированные стандартизированные кондукторы, которые, переналаживая, можно использовать для обработки большого количества однотипных, но различных по размерам заготовок.

6.5. Приспособления для фрезерных станков

При фрезеровании поверхностей заготовок обычно возникают большие силы и моменты резания. Поэтому приспособления должны быть прочными и обладать высокой жесткостью, а заготовки надежно и жестко закреплены, чтобы в процессе обработки не происходило вибрации и смещения заготовки от установочного положения.

На фрезерных операциях свыше 35% вспомогательного времени затрачивается на установку, закрепление и снятие заготовок со станка. В связи с этим совершенствование станочных приспособлений для фрезерных станков направлено на замену ручного зажима быстрдействующим или механизированным приводом, что приводит к существенному увеличению производительности при выполнении операций и повышению качества обработки. На фрезерных станках наиболее широко применяют тиски и делительные приспособления.

На рис. 6.19. показаны пневматические поворотные универсально-наладочные тиски. Тиски состоят из корпуса 4 с встроенным пневмоцилиндром 3, штока 1, передающего усилия зажима через качающийся рычаг 2 подвижной губке 6, расположенной на базовой поверхности плиты 8, в Т-образных пазах

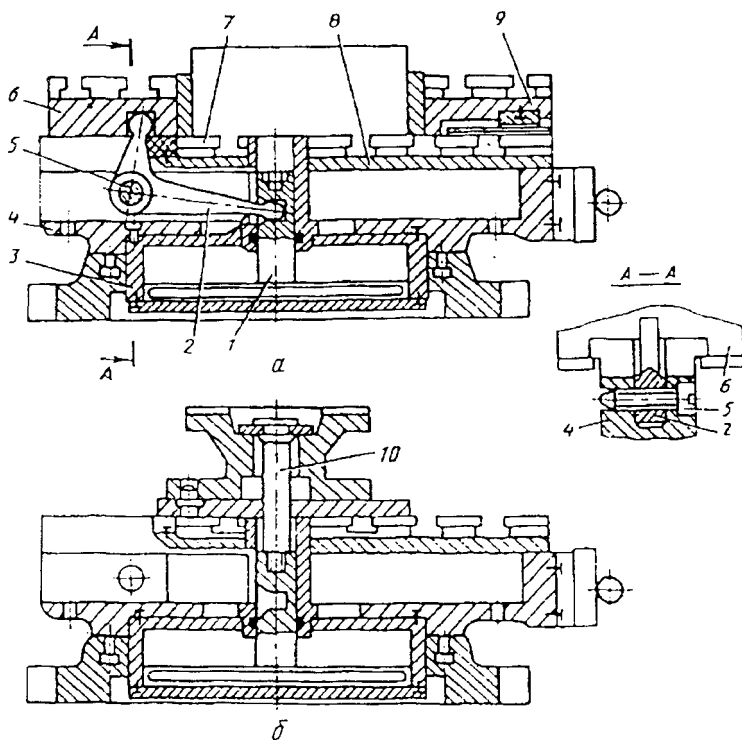


Рис. 6.19. Тиски пневматические поворотные универсально-наладочные

которых установлена неподвижная губка 9. Тиски могут зажимать заготовку как губками (рис. 6.19,а), так и штоком (рис. 6.19,б), т. е. работать как пневмостол. Для этого необходимо вывернуть винт 5 и вынуть рычаг 2 вместе с подвижной губкой 6, снять неподвижную губку, а в резьбовое отверстие штока ввернуть крепежный элемент 10.

При использовании тисков наряду с быстротой установки и надежностью закрепления особые требования предъявляются к базированию заготовок в приспособлении. На рис. 6.20 представлена конструкция параллельных тисков с ручным приводом, позволяющих фиксировать заготовку по двум базовым поверх-

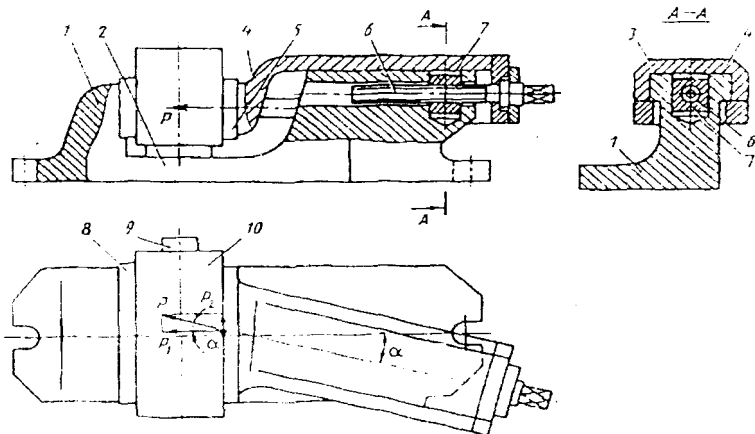


Рис. 6.20. Тиски параллельные

ностям. Параллельные тиски содержат корпус 1 с опорой 2 и направляющими 3, толкатель 4 с подвижной губкой 5, установленный на направляющих. Зажимный механизм включает винт 6 и гайку 7, закрепленные соответственно на толкателе 4 и в корпусе 1, и неподвижную губку 8. Корпус 1 снабжен боковым упором 9, а направляющие 3 выполнены под углом α к продольной оси корпуса 1 и смещены в сторону, противоположную боковой опоре 9.

Обрабатываемая заготовка 10 устанавливается на опору 2 и прижимается к упору 9. С помощью зажимного механизма подвижную губку 5 перемещают до соприкосновения с обрабатываемой заготовкой и далее зажимают с требуемым усилием. В процессе зажима исключается отрыв базовых поверхностей заготовки от опор 2 и 9. Это обеспечивается тем, что на заготовку в процессе закрепления действует вертикальная составляющая P_1 силы зажима P , которая приложена на толкателе выше центра рабочей поверхности подвижной губки 5. Горизонтальная прижимающая сила P_2 , являющаяся поперечной составляющей силы зажима P , направлена под углом α к продольной оси корпуса 1. Обычно угол α равен (15—20)°.

Применение указанных параллельных тисков позволяет существенно снизить вспомогательное время при обработке заго-

товок и соответственно повысить производительность труда. Дополнительно это приводит к улучшению условий и безопасности труда, так как исключается применение ударных инструментов для досылки заготовки в требуемое положение.

В практике на фрезерных станках широко используют делительные устройства, которые применяют для поворота на пужный угол или непрерывного вращения заготовок при их фрезеровании.

На рис. 6.21 представлено приспособление с делительным устройством, применяемое на операции фрезерования трех пазов, расположенных под углом 120° . На базовой плите 1 закреплено делительное устройство 2 с горизонтальной осью вращения и фиксатором реечного типа 3 и бабка с подвижной шпилью 4. Установочными элементами приспособления служат два центра 5 с коническими хвостовиками. Причем центр, располагаемый в бабке, центрирует и поджимает заготовку одновременно. Для настройки инструмента на размер служит установка 6. Приспособление крепится на столе станка болтами 7, а центрируется шпонками 8.

Перед фрезерованием заготовку 9 устанавливают в кольцо 10, которое жестко соединено с делительной плитой 14, с упором в центр 5. Затем подводят и поджимают заготовку задним центром 5, вставленным в бабку 4. Бабка 4 точно установлена на плите 1 с помощью пазовых шпонок 11 и закреплена эксцентриковым зажимом 13. Болты 12, расположенные во втулке 10, поджимаются к заготовке, что исключает поворачивание заготовки относительно оси делительного диска как в период ее обработки, так и при делении, т. е. повороте на угол 120° . После фрезерования первого паза осуществляется процесс деления и фрезерования второго паза.

На рис. 6.22 представлена конструкция приспособления с пневмоприводом для фрезерования опорной плоскости А корпуса насоса. На базовую плиту приспособления 1 устанавливается заготовка 2, которая базируется по двум установочным пальцам 3, расположенным в плите. Зажим заготовки в приспособлении осуществляется прижимом 4, усилие на который через рычаг 5 передается от пневмопривода 6. Приспособление крепится на станке болтами 7 и центрируется двумя шпонками 8. Для настройки инструмента на заданный размер L используется габаритная площадка 9.

Данное приспособление позволяет быстро и надежно закреплять заготовку, имеет простую конструкцию и удобно в эксплуатации.

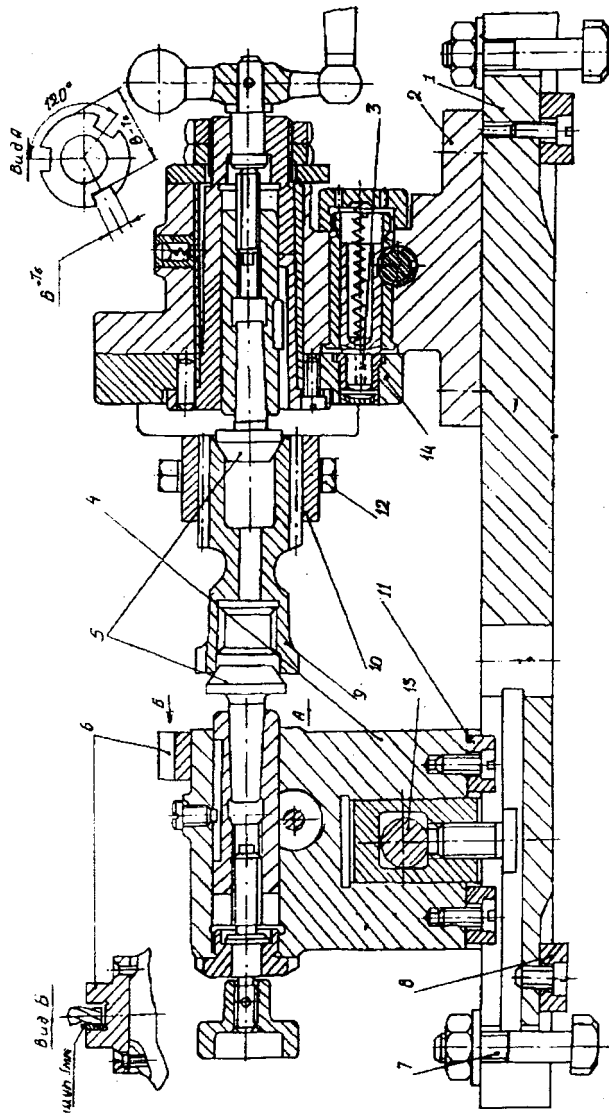


Рис. 6.21. Фрезерное приспособление с делительным устройством

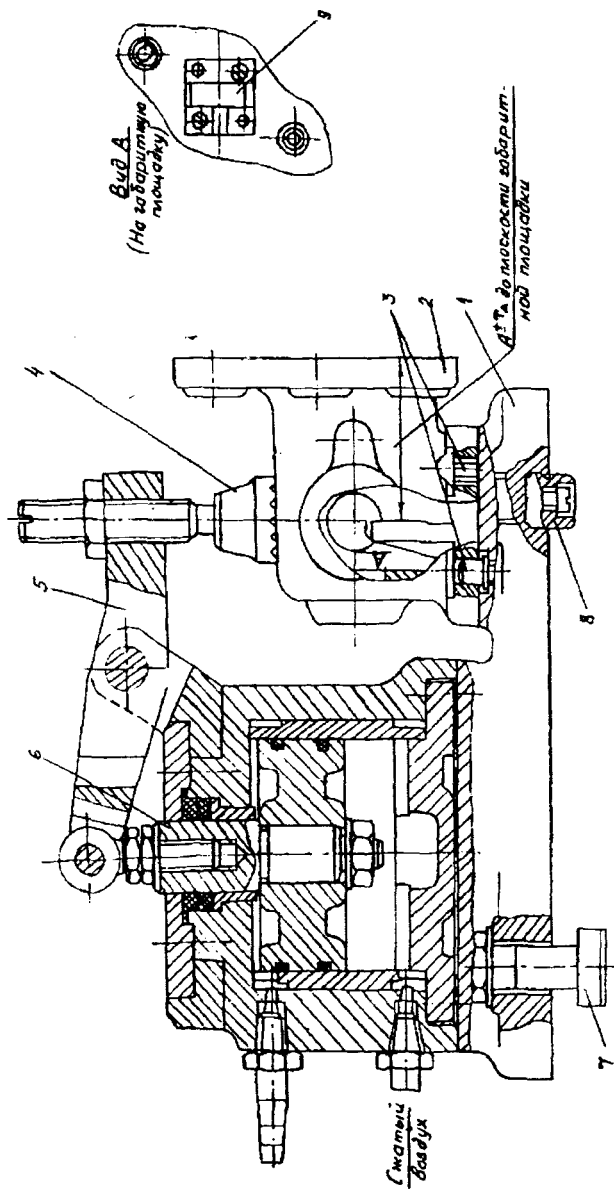


Рис. 6.22. Специальное фрезерное приспособление с пневмоприводом

На рис. 6.23 показано специальное фрезерное приспособление с пневмозажимом камерного типа. В корпусе 1 приспособления встроена пневмокамера 2. На корпусе закреплена установочная втулка 3, которая базирует заготовку. Угловое положение заготовки определяет фиксирующий палец 8. Закрепление заготовки осуществляется усилием от пневмопривода через шток 7, откидную планку 6 и шайбу 5. Воздух в пневмокамеру подается через штуцер 9. Для настройки инструмента предусмотрен паз в установочной втулке 3 (вид А). Приспособление на столе станка устанавливается двумя пазовыми шпонками 10 и закрепляется болтами 11.

В мелкосерийном производстве находят применение и специальные приспособления простой конструкции с ручным приводом. На рис. 6.24 показано специальное фрезерное приспособление с ручным зажимом. На корпусе 3 закреплен винтом 4 установочный палец 2, угловое положение которого определяет штифт 5. В опорную поверхность пальца 5 запрессован срезанный установочный палец 11. Для закрепления заготовки предусмотрен рычажно-винтовой зажим. Заготовка базируется на два установочных пальца 2 и 11. Закрепление заготовки осуществляется вращением гайки 6, от которой усилие передается через болт 7, рычаг 8, тягу 9 на быстросменную шайбу 10, последняя зажимает заготовку 1.

6.6. Переналаживаемые приспособления

Переналаживаемые приспособления относятся к специализированным. Наиболее распространенными в авиадвигателестроении являются групповые переналаживаемые приспособления. Они предназначены для обработки определенной, заранее заданной группы заготовок на конкретной операции. В группу могут входить две или несколько однотипных заготовок, которые обрабатываются по одному групповому технологическому процессу. Их широко применяют в мелкосерийном производстве.

Групповые приспособления состоят из базового приспособления и комплекта сменных наладок. Базовое приспособление по отношению к заданной группе обрабатываемых заготовок является универсальным, а сменные наладки — специальными, они закрепляются за определенным наименованием заготовки. Число сменных наладок соответствует числу разных наименований заготовок, входящих в группу. При проектировании и изготовлении группового приспособления одновременно создают базовое приспособление и весь комплект сменных наладок. При

Вид А

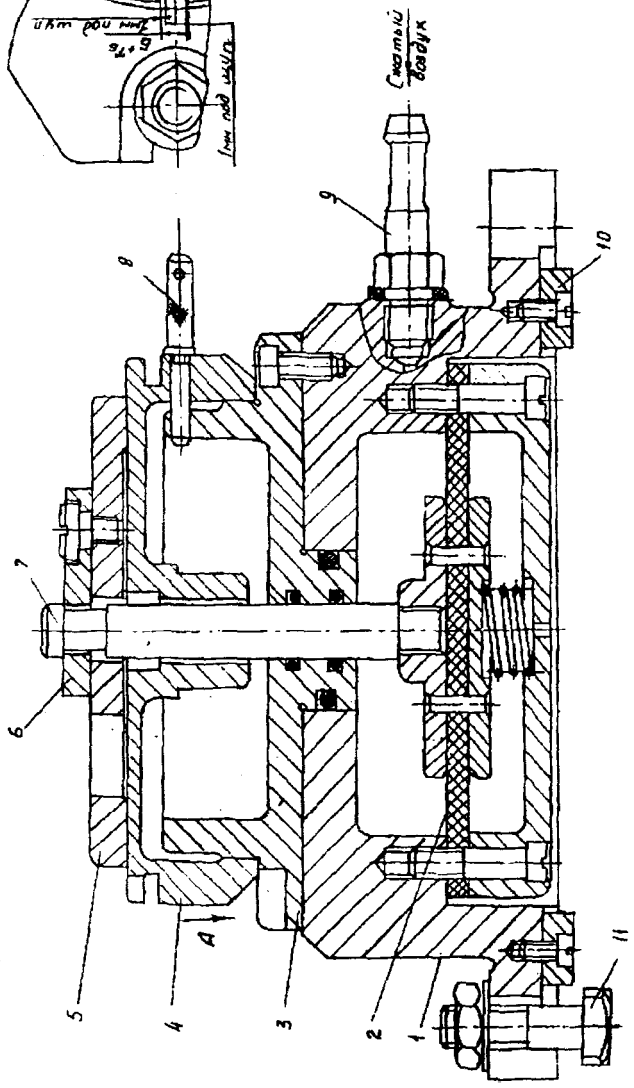
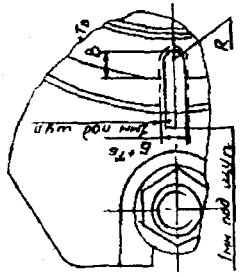


Рис. 6.23. Специальное фрезерное приспособление с пневмоприводом камерного типа

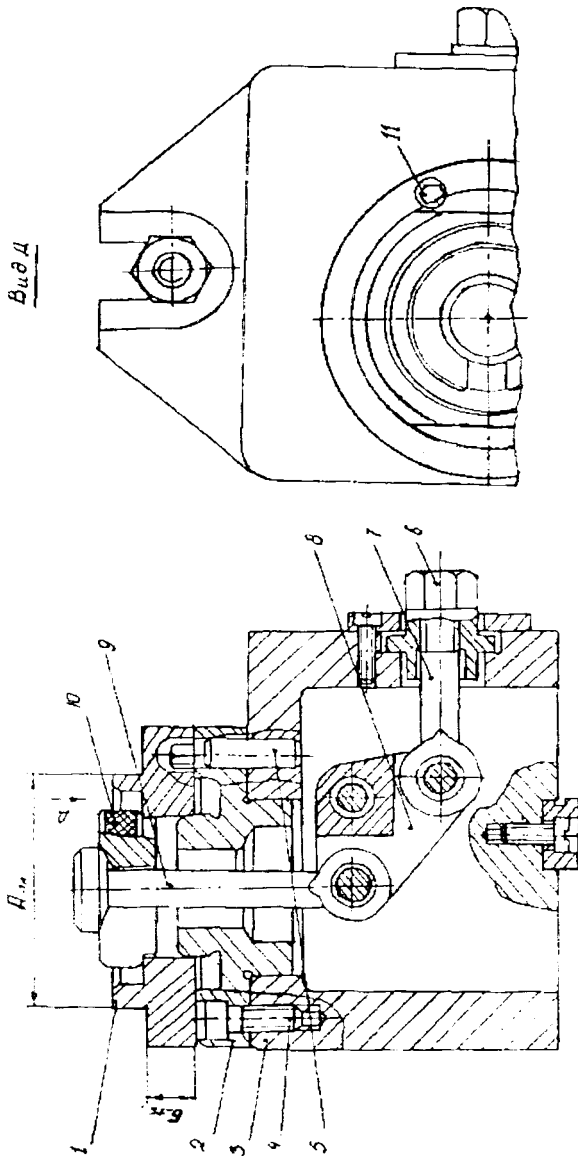


Рис. 6.24. Стенда пьное фрезерное приспособление с ручным управлением

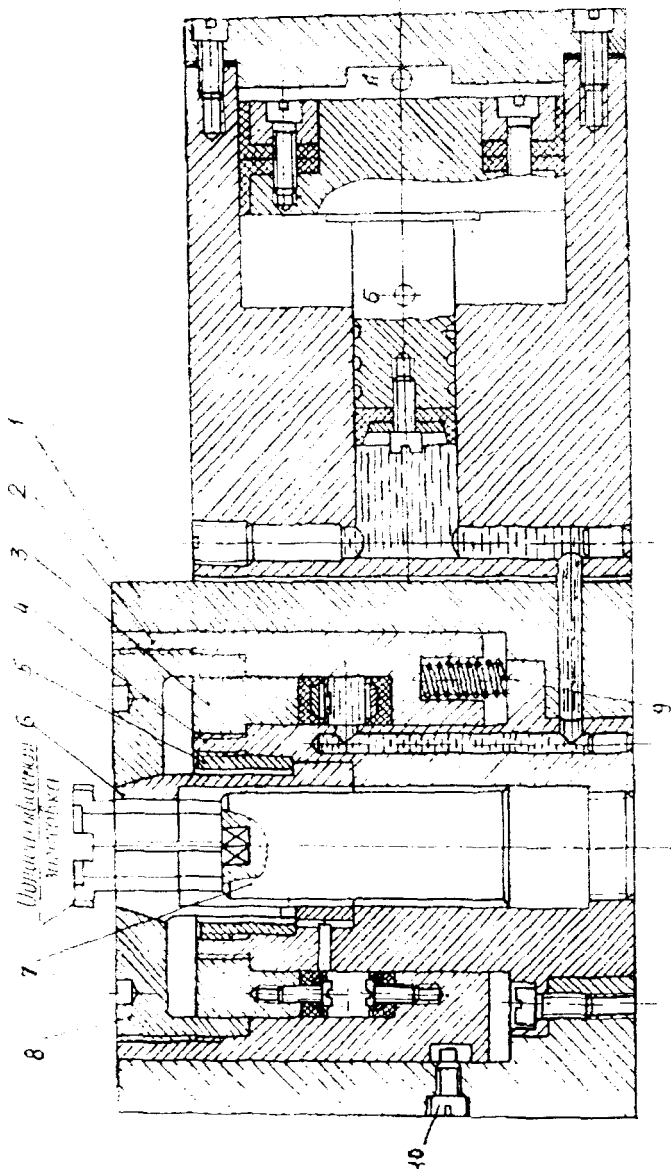


Рис. 6.25. Грузовое прицепное устройство с шестнобъемным гидравлическим приводом.

эксплуатации группового приспособления после обработки заданной партии заготовок одного наименования приспособление переналаживают, т. е. производят установку другой сменной наладки, предназначенной для обработки следующего наименования заготовки.

Поскольку в групповом приспособлении обрабатываются несколько наименований заготовок, то даже при малой программе выпуска изделий общее количество всех заготовок в год значительно возрастает, а это дает возможность создавать приспособления более механизированными. Целесообразность применения групповых приспособлений обосновывается тем, что их производительность значительно выше универсальных, а стоимость намного меньше нескольких специальных неразборных приспособлений, используемых для каждого наименования заготовки группы. Кроме этого переналадка базового приспособления занимает меньше времени, чем установка на станок универсального или специального приспособления для обработки каждого наименования заготовки.

В качестве примера рассмотрим групповое приспособление (рис. 6.25) для фрезерования пазов, канавок в заготовках типа втулок. Приспособление состоит из базового полуфабриката с пневмогидравлическим приводом и комплекта сменных палладок (детали 6, 7, 8). В корпусе 1 по фланцу закреплен пустотелый валик 4. Между корпусом 1 и валиком 4 находится цилиндр 2. На наружной резьбе валика 4 установлена втулка 3, которая вместе с цилиндром образует кольцевую камеру. В кольцевой камере поставлены двухсторонние манжетные уплотнения. В пустотелый валик 4 ввернут упорный палец 7, а в расточку вставлена зажимная цапга 6, которая в осевом направлении зажата упорной гайкой 5. В торцевых отверстиях по окружности цилиндра 2 имеется несколько пружинок 9, а сверху в цилиндр ввернута нажимная гайка 8.

Через отверстие А в цилиндр от распределительного крана подается сжатый воздух, который перемещает поршень вместе с плунжером влево. Жидкость под давлением через каналы поступает в кольцевую камеру и перемещает цилиндр 2 вниз, при этом зажимная гайка 8 сжимает цапгу и закрепляет обрабатываемую заготовку. После обработки заготовки воздух через отверстие Б подается в цилиндр и поршень передвигается вправо. Давление жидкости в камере падает, и под действием пружинок 9 цилиндр поднимается, гайка 8 освобождает цапгу и заготовка раскрепляется. Для удержания цилиндра 2 в верхнем положении имеется стопорный винт 10, ввернутый в корпус 1.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем различие между патроном и оправкой?
2. Когда применяются разжимные оправки?
3. Назначение и конструкции кулачковых оправок.
4. Назначение и конструкции патронов и оправок: с мембранным механизмом, с тарельчатыми пружинами и гидропластмассой.
5. Виды кондукторов и их конструктивные особенности.
6. Требования к фрезерным приспособлениям.
7. Назначение групповых приспособлений.

Глава 7. Приспособления для станков с программным управлением

7.1. Особенности приспособлений к станкам с ЧПУ

В производстве двигателей широко применяют станки с программным управлением. Однако рациональное использование высокопроизводительных и дорогостоящих станков во многом зависит от уровня соответствия применяемых приспособлений. Поэтому к приспособлениям предъявляют ряд специфических требований, обусловленных особенностью станков с ЧПУ, несоблюдение которых значительно снижает эффективность работы этих станков [11, 23].

Приспособления должны иметь повышенную точность. Погрешности базирования и закрепления, возникающие при установке заготовок в приспособлениях, должны быть сведены к минимуму. Для возможности использования полной мощности станка на черновых операциях приспособления должны иметь повышенную жесткость. В то же время конструкция приспособления должна обеспечить получение высокой точности на чистовых операциях.

Относительное перемещение заготовки и инструмента на станках с ЧПУ осуществляется в системе заранее заданных координат. Следовательно, заготовки должны иметь полное базирование в приспособлениях. Базы заготовки должны иметь строго определенное положение относительно начала координат станка (нулевой точки). Станки с ЧПУ имеют возможность вести обработку до четырех-пяти поверхностей за одну установку заготовки. Для этой цели приспособления должны обеспечивать подход инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Для сокращения времени простоя станка с ЧПУ, затрачиваемого на смену за-

готовок, необходимо сокращать время зажима-разжима заготовок, поскольку оно является доминирующим. Возможность обработки на станке с ЧПУ максимального количества поверхностей заготовки с одной ее установки резко увеличивает цикл обработки заготовки на одном станке, что обуславливает возможность смены заготовки вне рабочей зоны станка или вне станка во время обработки на станке другой заготовки. Следовательно, приспособления должны обеспечивать возможность смены заготовок во время работы станка.

На станках с ЧПУ в отличие от станков-автоматов быстрее производится переналадка, так как последняя заключается лишь в смене программоносителя. Наибольшая часть подготовительно-заключительного времени затрачивается не на переналадку станка, а на смену или переналадку оснастки — приспособлений и инструмента. Поэтому для сокращения простоя станков необходимо, чтобы приспособление можно было быстро переналаживать или заменять. Для этого наиболее эффективно применять системы переналаживаемых приспособлений, обеспечивающих возможность обработки широкой номенклатуры заготовок благодаря перекомпоновке, смене или регулированию установочных и зажимных элементов. Приспособления, применяемые в серийном производстве при обработке малогабаритных заготовок, должны быть многоместными, так как при этом возможна обработка отверстий во всех заготовках последовательно одним и тем же инструментом. Производительность обработки увеличивается за счет сокращения времени, затрачиваемого на смену инструмента. Кроме того, многоместные приспособления обеспечивают возможность смены заготовок во время работы станка и многостаночное обслуживание.

7.2. Приспособления к станкам токарной группы

Для установки на станках с ЧПУ заготовок типа дисков, втулок, проставок, фланцев, коротких валов и др. наиболее широкое применение нашли быстро переналаживаемые самоцентрирующие трехкулачковые патроны. Патроны имеют механизированные зажимы, которые осуществляются пневматическим, гидравлическим, электромеханическим приводом.

Созданы комбинированные конструкции патронов, которые позволяют вести обработку заготовок с установкой в кулачках или после переналадок в центрах.

Современные станки с ЧПУ могут обеспечивать высокие частоты вращения шпинделя (до 6000—10000 мин⁻¹). Большие

частоты вращения шпинделя обычно используют при обработке заготовок из легкообрабатываемых материалов или при обработке поверхностей заготовок со сравнительно малыми диаметрами режущих инструментов, снабженных пластинами из твердых сплавов или сверхтвердых материалов. При увеличении частоты вращения шпинделя увеличиваются центробежные силы, действующие на кулачки, которые изменяют силу зажима кулачков почти в квадратичной зависимости, тем самым лимитируя режимы резания, что снижает производительность работы станка. Центробежная сила определяется по формуле:

$$F_{ц} = MR\omega^2 = \frac{GR\omega^2}{g} = 0,102GR \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 = \frac{MRn^2}{100},$$

где M — масса кулачков; R — расстояние от оси патрона до центра тяжести кулачков; ω — угловая скорость; G — сила тяжести кулачков; g — ускорение свободного падения; n — частота вращения шпинделя.

Расчеты показывают, что при частоте вращения шпинделя свыше 2000 мин^{-1} фактической силой зажима заготовки будет не статическая сила $Q_{ст}$, а динамическая сила $Q_{дин}$:

$$Q_{дин} = Q_{ст} \mp F_{ц},$$

где знак «—» относится к условиям закрепления заготовки по наружной поверхности, а знак «+» относится к заготовке, закрепленной по внутренней поверхности.

Если расчетная сила зажима превышает силу зажима, обеспечиваемую конкретным патроном (указанную в его технической характеристике), то необходимо либо уменьшить глубину резания и подачи, либо снизить частоту вращения шпинделя, уменьшив тем самым центробежную силу. Однако в этом случае наиболее целесообразно применять патроны, снабженные устройством компенсации центробежных сил. К таким патронам относятся быстро переналаживаемые патроны типа ПЗКП.

К патронам предъявляются следующие основные требования: высокая точность центрирования заготовок; быстрота установки заготовок и переналадки патрона; надежность закрепления заготовок; прочность, жесткость и износоустойчивость.

Высокая точность достигается за счет следующих мероприятий:

1. Тщательная установка самого патрона на станке, которая осуществляется на конусном конце фланцевого шпинделя через переходный фланец или непосредственно конусным отверстием корпуса патрона. Конусное отверстие переходного фланца или корпуса патрона обрабатываются таким образом,

чтобы обеспечить максимальный контакт с конусным концом шпинделя станка. Проверку точности изготовления конусного отверстия выполняют с помощью калибра, на который наносят тонкий слой краски не более 0,004 мм, при этом прилегание поверхностей конуса и торца отверстия должно быть не менее 80%. Это позволяет довести погрешность установки патрона до минимума (близкой к нулю).

2. Высокой точностью изготовления самого патрона и особенно обработки соединений элементов самоцентрирующего механизма.

3. Расточкой незакаленных сменных кулачков непосредственно на станке или вне станка в специальных приспособлениях.

4. Статической балансировкой патронов до безразличного состояния.

Все эти мероприятия позволяют получить точность центрирования заготовок при чистой обработке порядка 0,02...0,03 мм.

Быстрота установки заготовок достигается за счет применения механизированных приводов к патронам, при этом время закрепления — 5—6 с. Переналадка на нужный диаметр или замена сменных кулачков в современных патронах осуществляется очень быстро, в зависимости от конструкции патрона, от 30 до 2 мин. Надежность закрепления заготовок обеспечивается правильным выбором размера патрона, так как каждый типоразмер патрона создает определенную силу зажима. Например, в патроне ПЗК-200Ф6 сила зажима не менее 40000 Н.

Патроны работают в условиях высоких нагрузок, поэтому они должны обладать высокой прочностью, жесткостью и износоустойчивостью. Эти характеристики определяют срок эксплуатации патронов, величины упругих деформаций, износ и возникновение вибрации в процессе обработки. Поэтому для обеспечения требуемой прочности, высокой надежности и долговечности основные детали патрона изготавливают из высокопрочных хромоникелевых сталей с термообработкой рабочих поверхностей до твердости HRC, 52...56 и все трущиеся поверхности подвергают покрытию двухсернистым молибденом.

Рассмотрим отдельные конструкции патронов с клиновым механизмом типа ПЗК к станкам с ЧПУ (рис. 7.1). Корпус патрона 5 закрепляют непосредственно на фланцевом конце шпинделя, а сменные кулачки 4 — на основных кулачках 1 посредством зубчатых рифлений и эксцентрикового устройства.

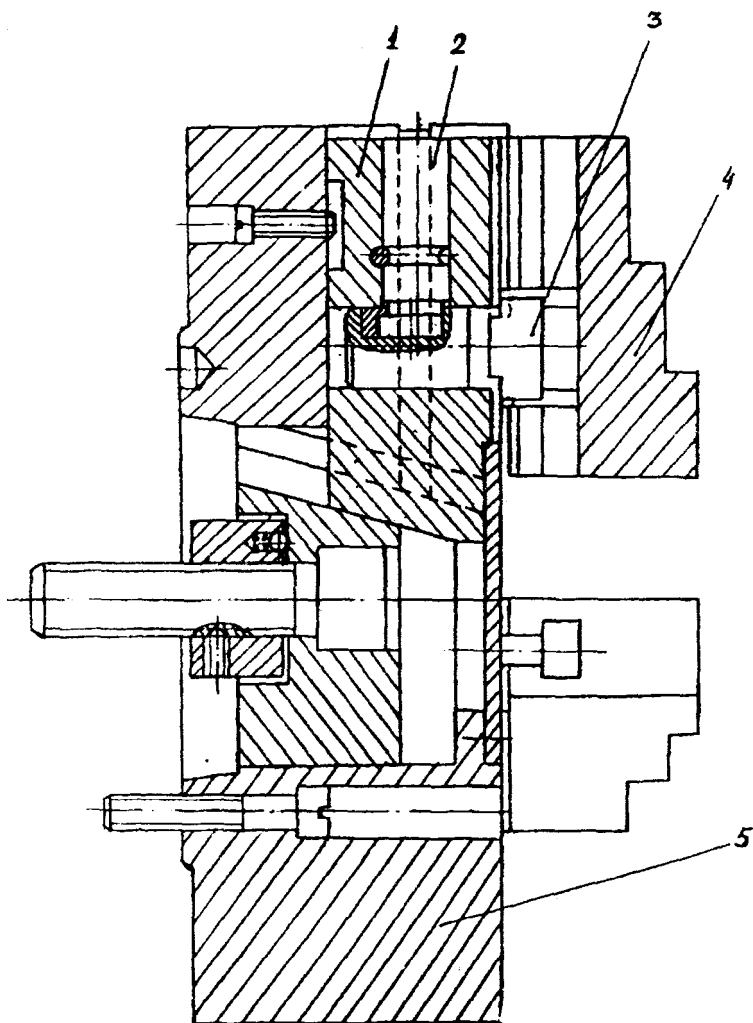


Рис. 7.1. Трехручачковый быстроперенастраиваемый патрон типа ПКЗ с пневмоприводом

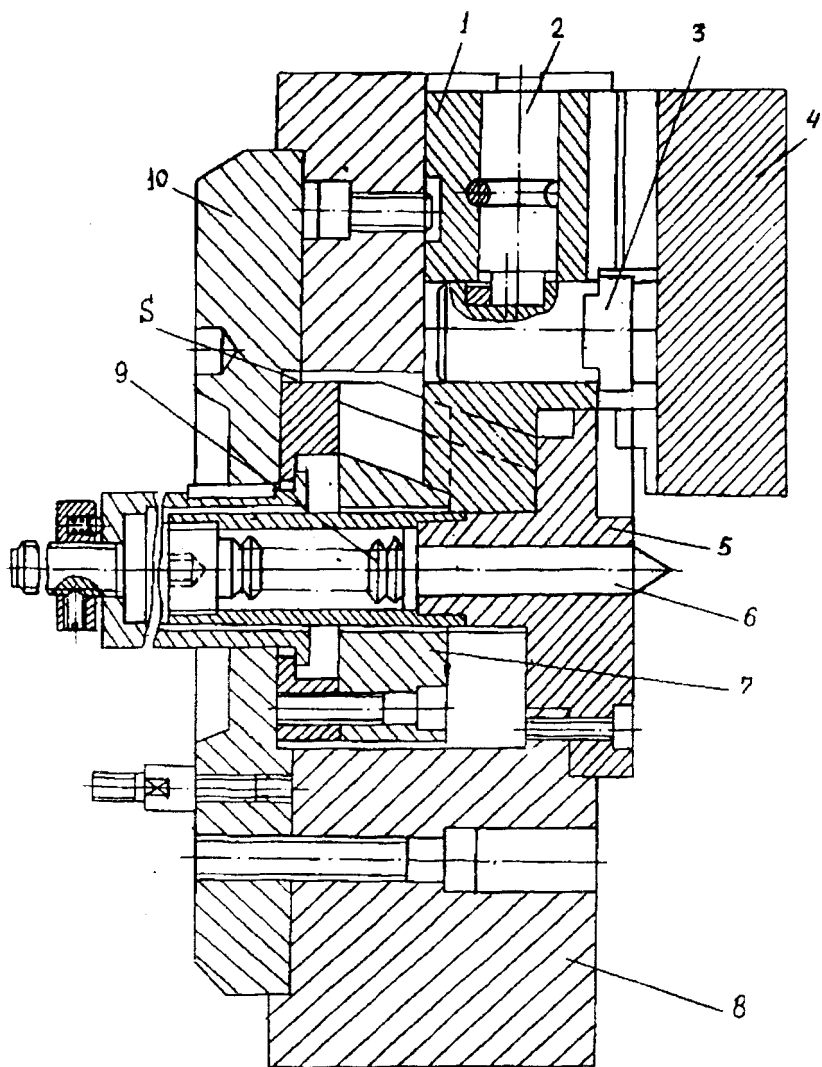


Рис. 7.2. Трехкулачковый быстроперенастраиваемый патрон
типа ПЗК-V

В основном кулачке расположен эксцентрик 2, при его повороте ключом прижим 3 перемещается в осевом направлении и выводит из зацепления рейки сменного и основного кулачков. После этого зажимной кулачок можно переставить на другой диаметр или заменить. Время на переналадку патрона составляет 1,5—2,0 мин.

Гамма патронов типа ПЗК-У позволяет крепить заготовки, обрабатываемые в кулачках или в центрах (рис. 7.2). Патроны выпускаются с наружным диаметром 250, 315 и 400 мм. Их устанавливают на шпиндель станка через переходный фланец 10. Крепление сменных кулачков 4 к основным 1 осуществляется эксцентриком 2 и прижимом 3, как в патронах типа ПЗК (см. рис. 7.1). Клиновой шток 7 установлен в корпусе 8 патрона с радиальным зазором S. При наладке патрона на обработку заготовок в центрах устанавливают оправку 5 с плавающим в осевом направлении центром 6, подпружиненным пакетом тарельчатых пружин 9. При этом шток может смещаться в радиальном направлении на величину зазора S, а плавающие зажимные кулачки — самоустанавливаться по контуру заготовки. При наладке патрона на обработку заготовки в кулачках в его корпусе устанавливают сменную оправку 5, которая центрирует клиновой шток по оси патрона.

Значительно уменьшить время переналадки патрона позволяет набор кулачков, которым комплектуют патроны. Набор состоит из цельных закаленных и незакаленных ступенчатых кулачков и блоков, состоящих из основных и сменных кулачков. Повторяемая точность после смены или перестановки закаленных кулачков — 0,01 — 0,02 мм. При применении незакаленных кулачков исключается необходимость растачивать их на станке, так как они растачиваются предварительно на различные диаметры вне станка в специальных приспособлениях. Стандартный набор незакаленных кулачков охватывает полный диапазон диаметров заготовок, зажимаемых в патроне. Система комплектных кулачков позволяет до минимума сократить простой станка при переналадке кулачков. Время смены трех кулачков не более 30 с.

Для заготовок типа дисков целесообразно применять специальные кулачки, обеспечивающие возможность перезакрепления заготовки без смены кулачков (рис. 7.3).

Серия патронов типа КЗП-П (рис. 7.4), выполненных на базе патронов типа ПЗК-У, снабжена системой компенсации центробежных сил, которая обеспечивает постоянство силы зажима заготовки. Центробежные силы от веса грузов 1 через

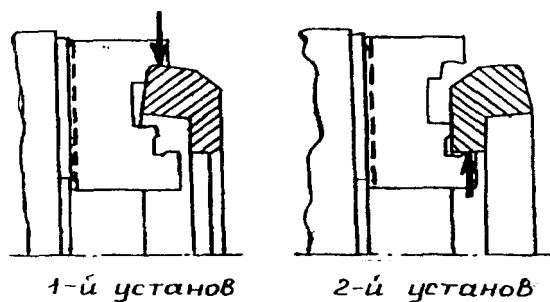


Рис. 7.3. Специальный кулачок:

а — первая установка заготовки; б — вторая установка заготовки

рычаги 2 действуют на кулачки 3 и компенсируют центробежные силы от веса кулачков. Патроны типа ПЗК-П выпускаются с наружным диаметром 250, 315 и 400 мм.

При обработке на токарных станках с ЧПУ заготовки типа валов используются центры. При этом передача крутящего момента заготовкам осуществляется поводковыми центрами и патронами.

Поводковый центр (рис. 7.5) предназначен для чистового обтачивания валов. Комплект поводков (наружный диаметр зубчатой поверхности поводка 13 — 110 мм), изготовленных из стали ХВГ (HRC, 55...60), позволяет обрабатывать валы $\varnothing 15$ — 120 мм. Подпружиненный плавающий центр 1 обеспечивает постоянную технологическую базу для левого торца заготовки. При этом перпендикулярность торцов обрабатываемых заготовок не влияет на точность обработки, так как поводок 6, качаясь в двух плоскостях, самоустанавливается по торцу обрабатываемой заготовки. Качание поводка осуществляют две пары роликов 4, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пазах стакана 2, люльки 3 и водила 5, перемещающейся по поверхности стакана 2. Патрон смонтирован в корпусе 7, центр 1 подпружинен пружиной 8 и гайкой 9.

Для нормальной работы поводкового центра необходим постоянный прижим торца обрабатываемой заготовки к зубчатой поверхности поводка, обеспечиваемый вращающимся центром задней бабки станка, оснащенной пневмозажимной пневмо-

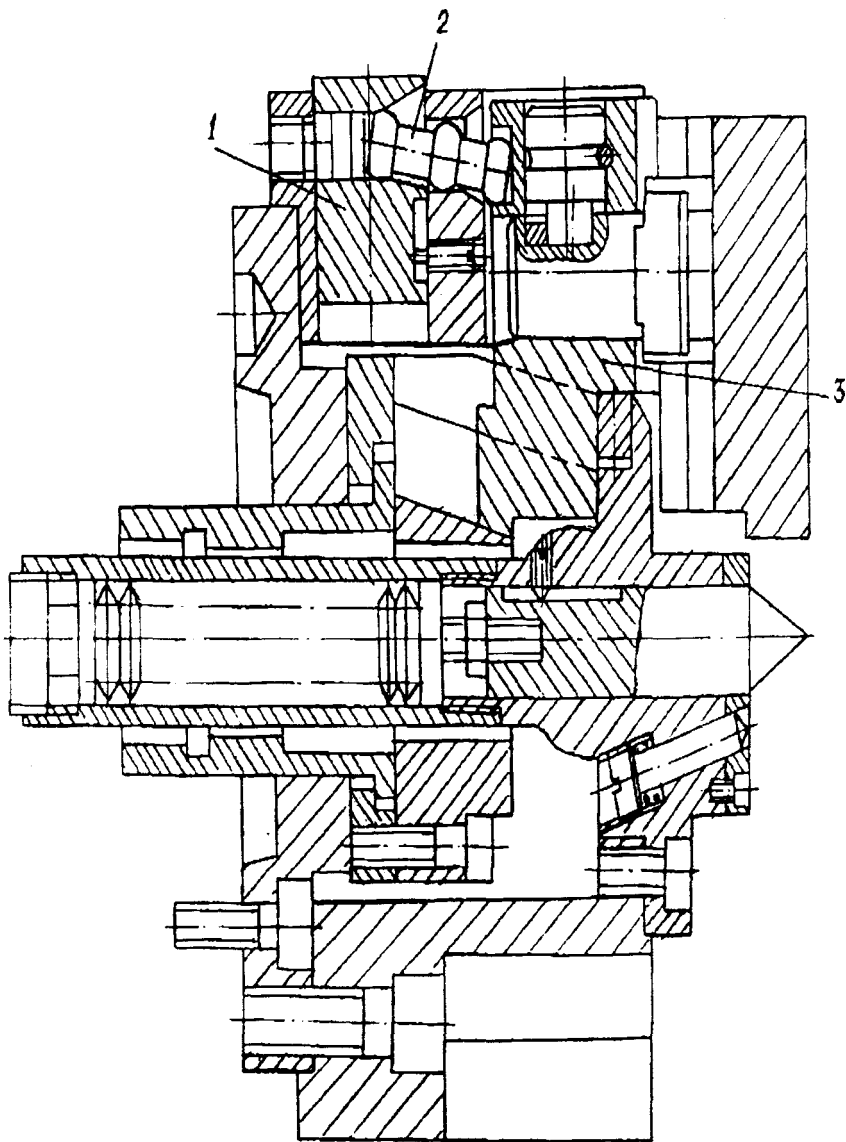


Рис. 7.4. Трехкулачковый быстроперенастраиваемый патрон типа ПЗК-II с уравновешиванием центробежных сил

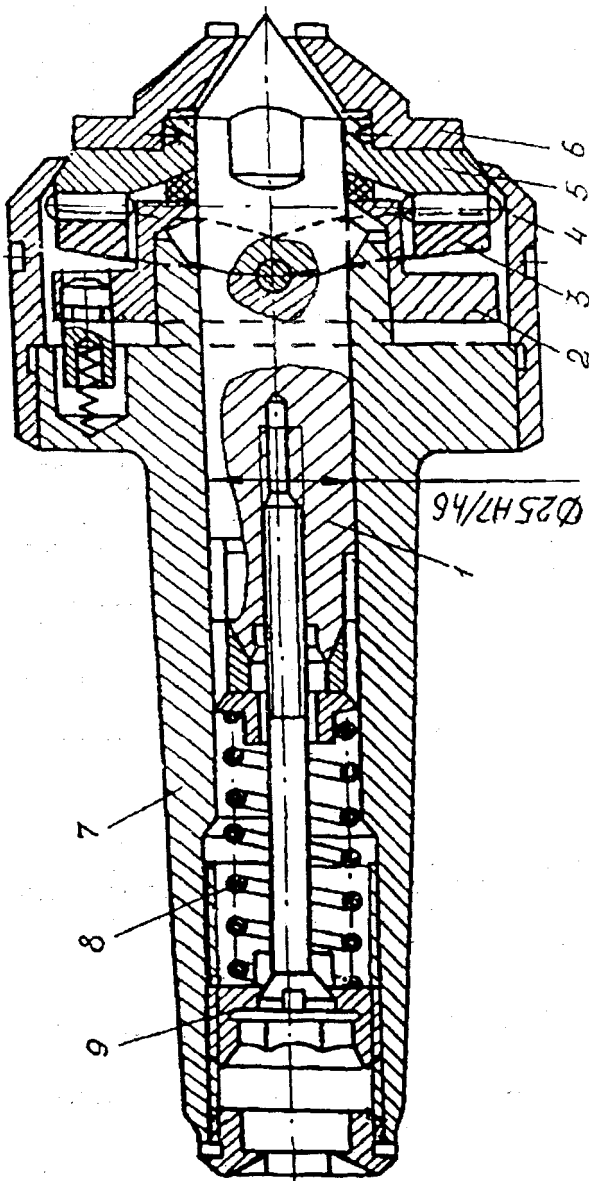


Рис. 7.5. Нозодковий центр для чистового обдичивання

лю. В этом случае невозможен проворот заготовки на поводке в процессе обработки. Усовершенствованный вращающийся центр (рис. 7.6) способен выдерживать значительные радиальные и осевые нагрузки, воздействующие на него при продолжительной токарной обработке и частоте вращения 1000...2000 мин⁻¹. Он оснащен подшипниками: коническим роликовым 2, шариковым радиально-упорным 4 и игольчатым 5. В корпус вращающегося центра для периодического заполнения внутренней полости маслом ввернута масленка 3. Центр имеет двойной конус с углами 60° и 30°, что позволяет подводить режущий инструмент как можно ближе к оси заготовки.

7.3. Приспособления к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы

Технологический процесс обработки заготовок на станках с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы и многооперационных станках, проходящий при относительном перемещении заготовки и инструмента в системе заранее выбранных координат станка, требует точного определения положения заготовки относительно системы координат установочных элементов приспособления. Положение системы координат установочных элементов должно быть выдержано относительно системы координат основной базы приспособления, совмещаемой с координатной системой станка.

Для этого у приспособлений должны быть предусмотрены базирующие элементы, соответствующие посадочным местам станков, обеспечивающие точное базирование приспособлений на столах станков.

При наличии на столе станка продольных и поперечных пазов приспособление базируется установочными шпонками или штырями по продольному или поперечному пазам (рис. 7.7,а). Когда в столе станка кроме продольных пазов выполнено еще центральное отверстие, тогда приспособление базируется по центральному отверстию и пазу двумя штырями 1 и 2 (рис. 7.7,б).

Для станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы и многооперационных станков используются системы обратимых переналаживаемых приспособлений многократного применения, не требующих затрат времени и средств на проектирование и изготовление оснастки для каждой новой детали.

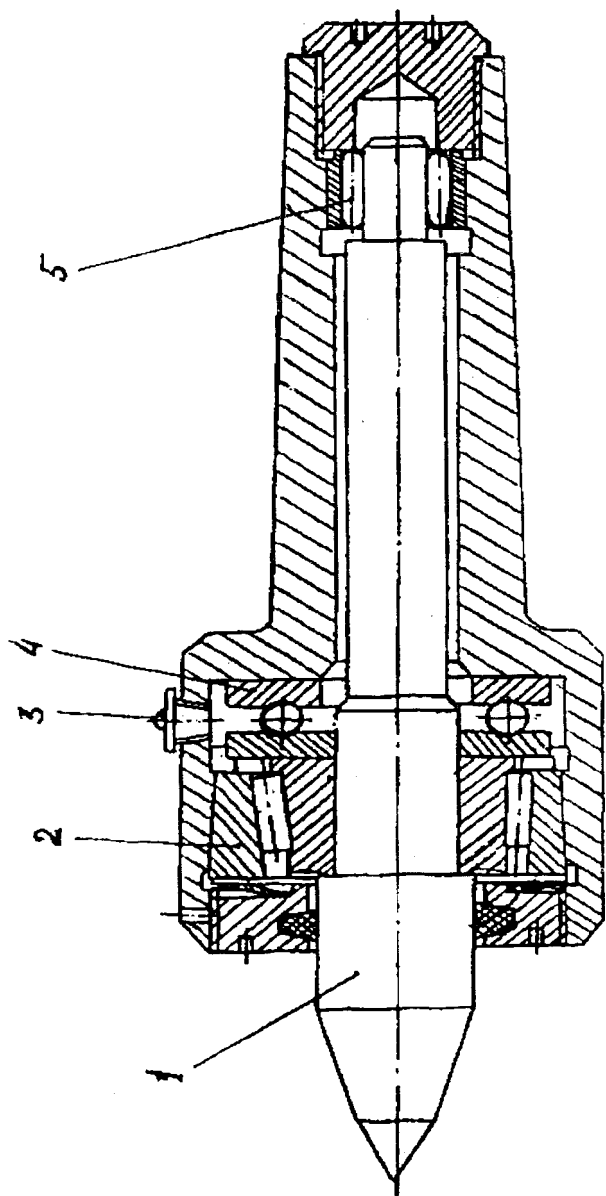


Рис. 7.6. Усовершенствованный вращающийся центр

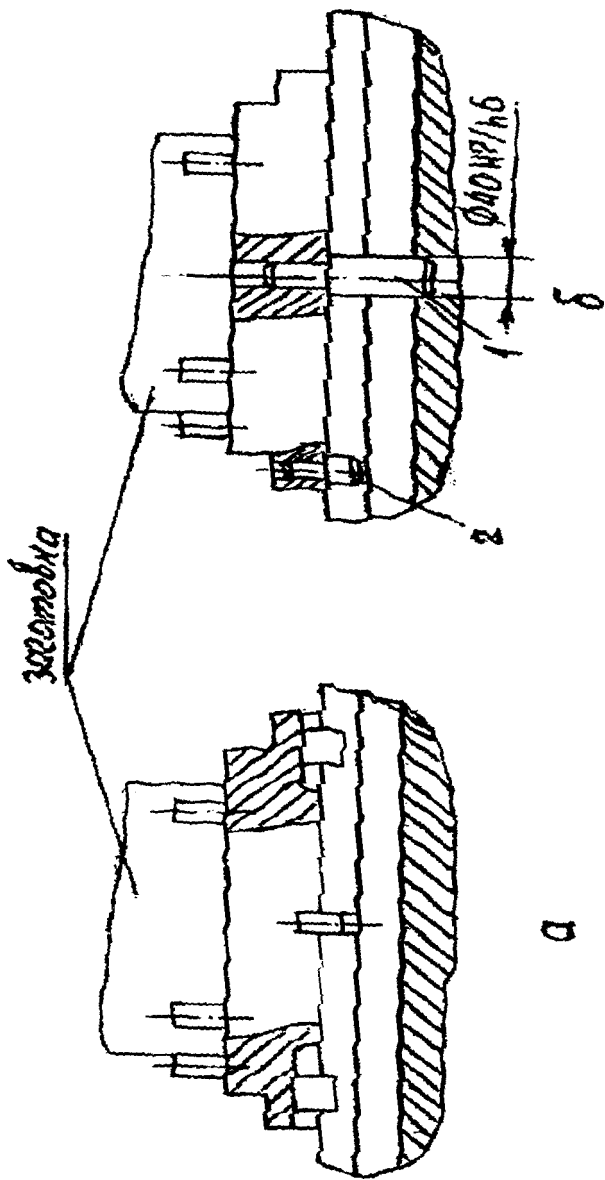


Рис. 7.7. Схемы базирования приспособлений на станках с ЧПУ: а - шпонками по продольному и поперечному пазам; б - штырями по центральному отверстию и продольному пазу

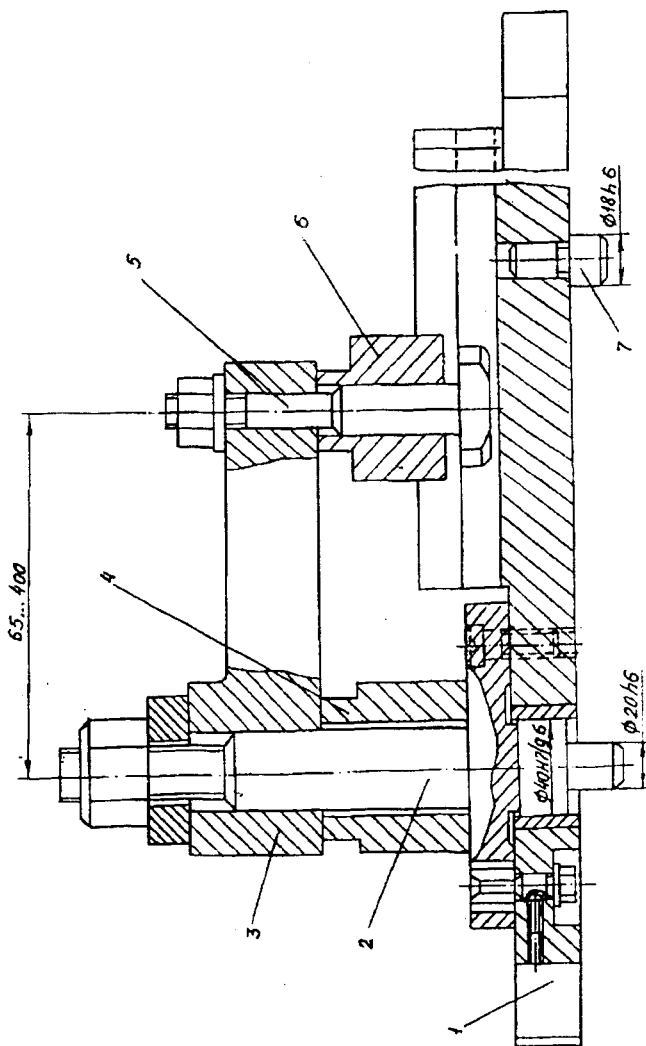


Рис. 7.8. Передвижное приспособление для обработки контуров заготовок

Переналаживаемое приспособление (рис. 7.8) предназначено для обработки контуров заготовок 3 типа корпусов и крышек шестеренчатых насосов, приводов агрегатов и т. д. Заготовки в этом приспособлении базируются по двум отверстиям (сменная оправка 2 и штырь 5) и плоскости (опоры 4 и 6). Перемещая штырь 5 по Т-образному пазу в плите 1, изменяют межцентровое расстояние базовых отверстий от 65 до 400 мм. Приспособление ориентируют на столе станка, устанавливая конец сменной оправки 2 ($\varnothing 20h6$) в центральное отверстие стола, а штырь 7 ($\varnothing 18h6$)—в паз стола станка.

В переналаживаемых приспособлениях для станков с ЧПУ важную роль для повышения точности и производительности обработки играют установочно-зажимные элементы. Поэтому широко применяют агрегатированные самоустанавливающиеся опоры и зажимные устройства. Самоустанавливающиеся подпружиненные опоры служат для повышения жесткости заготовки в процессе обработки. Такие опоры фиксируют заготовку с помощью механических или гидравлических зажимов.

Основные и вспомогательные опоры и зажимные устройства, входящие в систему переналаживаемых приспособлений, выполняющие в виде отдельных комплектных агрегатов (модулей), в основании корпуса которых предусмотрены базировочные и крепежные отверстия. Посредством этих отверстий модули komponуют на базовых плитах, жестко устанавливаемых на станке (на одной плите может быть скомпоновано несколько приспособлений) или на приспособлениях-спутниках. Расстояние между базировочными отверстиями в основании корпуса модуля составляет 50 мм, что соответствует шагу между координатно-фиксирующими отверстиями на базовой плите.

Одним из путей повышения производительности станков с ЧПУ является совмещение времени установки заготовок с работой станка. Для этих целей используются приспособления-спутники, на которых базирование и закрепление заготовок производится вне станка. Базирование приспособления-спутника с закрепленной заготовкой по плоскости и двум отверстиям на столе станка занимает мало времени. После обработки очередной заготовки приспособление-спутник снимают со станка и заменяют другим, в результате экономится время на выверку и установку заготовки.

Одна из конструкций приспособления-спутника для многооперационного станка показана на рис. 7.9. Приспособление состоит из плиты 1, на которой выполнена система точно распо-

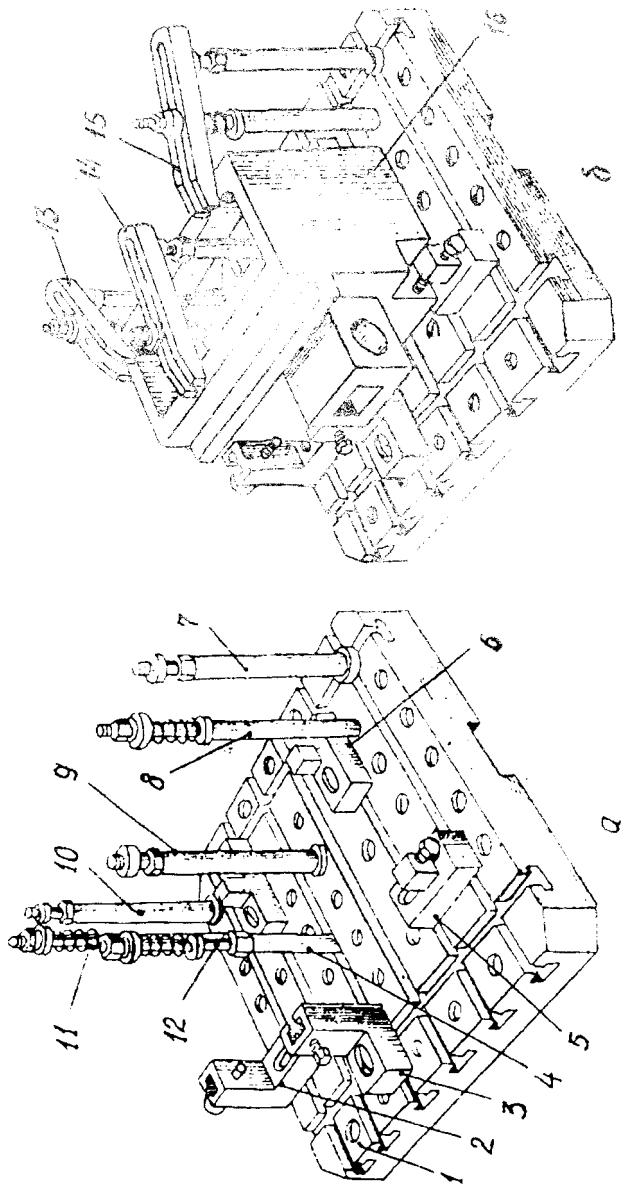


Рис. 7.9. Приспособление-спуитник: а - плита с 6-ю рядами 4-х рядовыми отверстиями; б - приспособление-спуитник

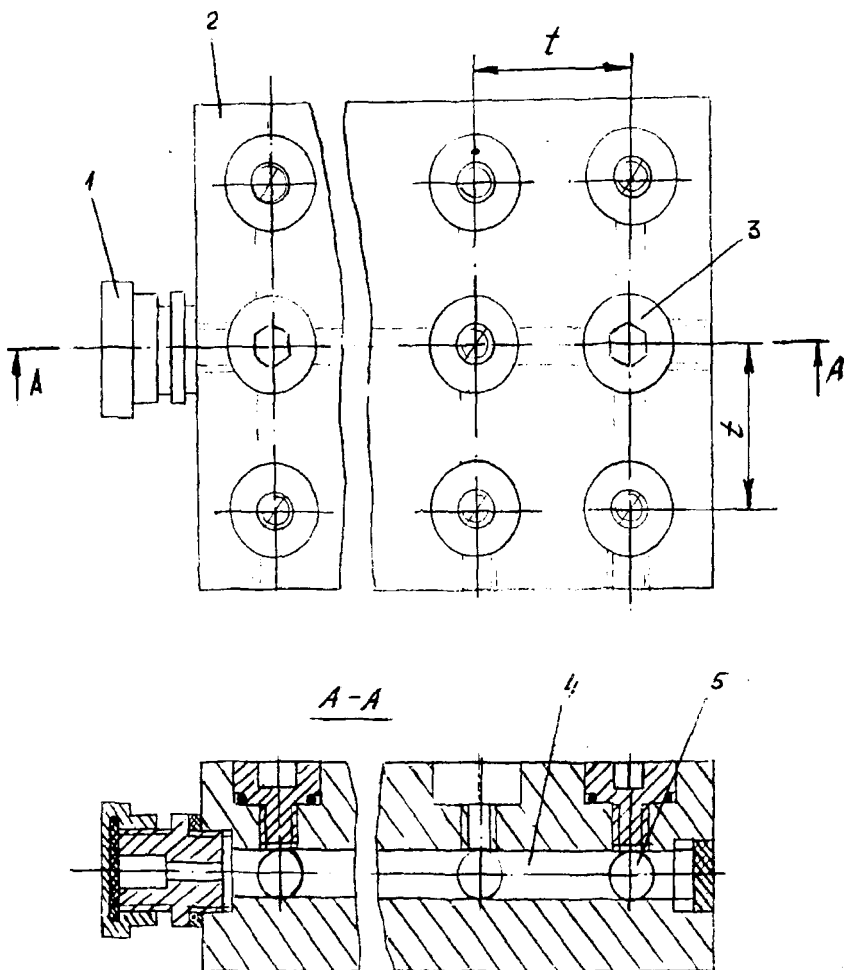


Рис. 7.10. Гидрофицированная базовая плита

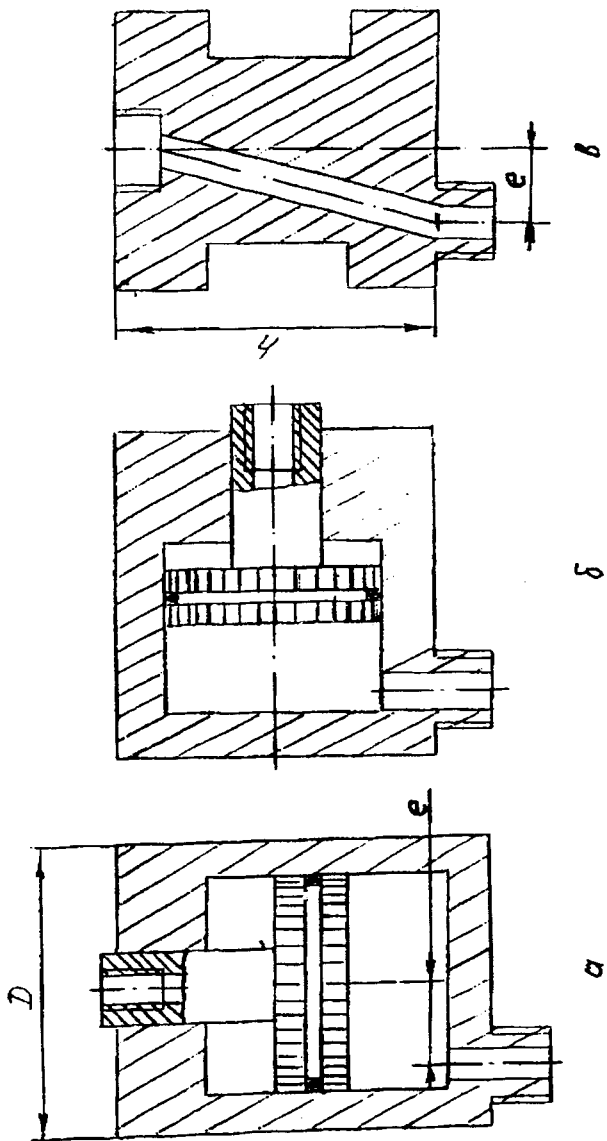


Рис. 7.11. Быстросменные гидроцилиндры (а, б) и переходник к базовой плите (в)

ложенных пазов и отверстий, базовых крепежных элементов 2 — 12, прихватов 13 — 15. Закрепление заготовки 16 осуществляется прихватами. Приспособления переналаживаются путем замены или перекомпоновки модулей.

В приспособлениях-спутниках для закрепления заготовок широко применяются гидрофицированные зажимные устройства (ГЗУ), имеющие минимальный габарит и обеспечивающие эффективное использование рабочей поверхности базовой плиты.

По использованию ГЗУ подразделяются на отдельные гидроцилиндры с гидравлическими прижимами (см. гл. 3) и на гидроцилиндры, встроенные в базовую плиту. ГЗУ первого вида более универсальны и просты в изготовлении, чем ГЗУ второго вида, не менее надежны, так как рабочая жидкость подается по шлангам. В комплекс универсально-сборной переналаживаемой оснастки для станков с ЧПУ входят гидрофицированные базовые плиты с приставными быстросменными гидроцилиндрами (без шлангов).

В гидрофицированной базовой плите 2 (рис. 7.10) выполнен продольный канал 4 и несколько рядов поперечных каналов 5 для подачи рабочей жидкости к зажимным устройствам. В отверстиях плиты устанавливаются быстросменные гидроцилиндры, с помощью которых закрепляют заготовку. Отверстия, не используемые для закрепления конкретной заготовки, закрывают пробками 3 с уплотнительными резиновыми кольцами. Рабочая жидкость подается в каналы плиты от гидростанции или с помощью шланга, подключенного к штуцеру 1.

Быстросменные гидроцилиндры (рис. 7.11, а и б) присоединяют к базовой плите с помощью патрубка. Для установки гидроцилиндров на необходимую высоту h предусмотрены переходники (рис. 7.11, в), которые соединяют базовую плиту с гидроцилиндром.

В базовой плите гидроцилиндры можно размещать с оптимальным шагом $t = (1,034 \dots 1,068)D$. Для гидроцилиндров, у которых ось патрубка смещена на величину e относительно оси гидроцилиндра, $t \cong 2,82e$.

Рациональное усилие закрепления заготовки обеспечивается путем одновременного применения гидроцилиндров различных типов и диаметров, устанавливаемых на одну гидрофицированную плиту, а надежность и ремонтоспособность зажима — путем упрощения конструкции элементов гидравлических устройств. При этом время замены вышедшего из строя гидроцилиндра составляет не более одной минуты.

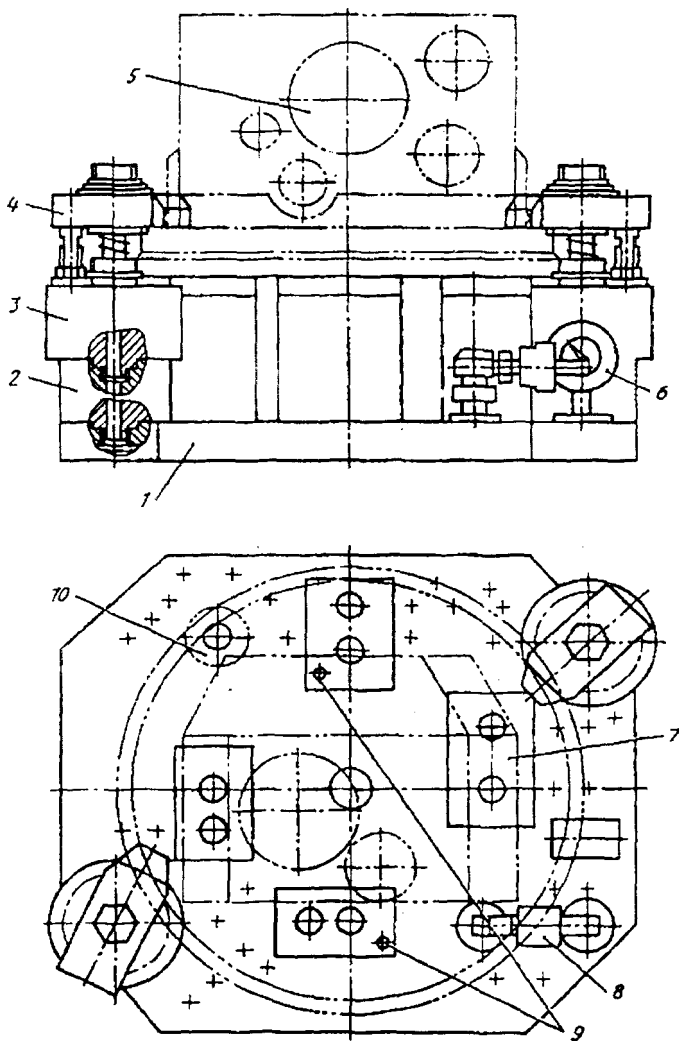


Рис. 7.12. Механизированное приспособление для закрепления корпусных заготовок

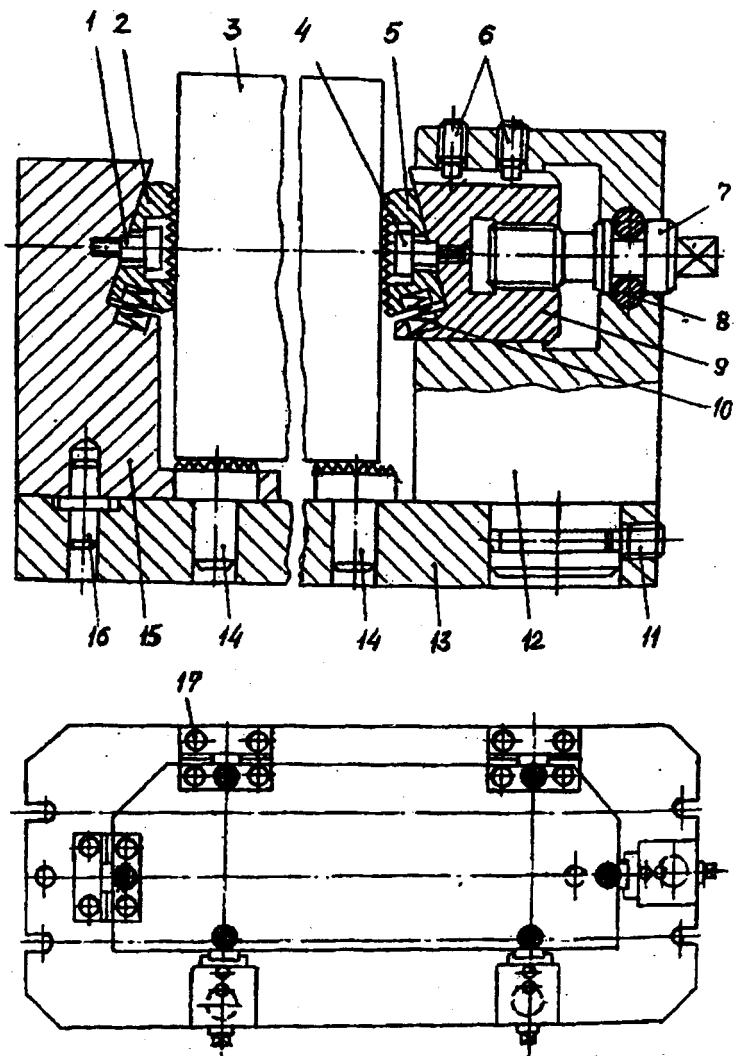


Рис. 7.13. Приспособление для закрепления корпусных заготовок

Механизированное приспособление для закрепления корпусных заготовок, устанавливаемое на приспособлении-спутнике, показано на рис. 7.12. Обрабатываемая заготовка 5 базировается по двум пальцам 9 и плоскости, образуемой четырьмя блоками составных опор 7. Высоту этих блоков выбирают из условия настройки инструментов на размер. Блок должен иметь минимальное число опор, что повышает его контактную жесткость, а следовательно, и точность обработки. Заготовку закрепляют планками 4, которые перемещаются быстросменными гидроцилиндрами 3, установленными на гидрофицированной плите 1 с помощью переходников 2. Рабочая жидкость подается в систему через запорный клапан 8 быстросъемного соединения (на рис. 7.12 не показано); возможные ее утечки компенсируются пружинным аккумулятором 10. Давление жидкости в системе определяют по манометру 6. Запорный клапан, аккумулятор и манометр устанавливают на гидрофицированной плите в свободные отверстия, предназначенные для гидроцилиндров.

В тех случаях, когда для установки и закрепления заготовок нельзя использовать переналаживаемые приспособления, на станках с ЧПУ применяют специальные приспособления. Учитывая, что на этих станках обычно совмещаются черновая и чистовая обработка, точность и жесткость этих приспособлений должна быть высокой.

Приспособление (рис. 7.13), предназначенное для закрепления корпусных заготовок при обработке на фрезерно-сверлильных станках с ЧПУ, оснащено винтовым зажимным устройством и смонтировано на стальной плите 13. К трем стойкам 15 и трем 12, расположенным на плите, ступенчатыми винтами 1 и 4 прикреплены рифленные пяты 2 и 5, которые могут перемещаться за счет зазора по наклонной плоскости. Неперемещаемая пята — 2 прикреплена непосредственно к стойке 15, а перемещаемая 5 (зажимная) — к ползуну 9, расположенному в стойке 12. В исходном положении пята удерживает пружина 10. Ползун приводится в движение винтом 7, удерживаемым от осевого смещения штифтами 8, установленными в его канавке. Стойки 15 крепятся винтами 17, а их положение фиксируется пальцами 16 и горизонтальными базовыми опорами 14. Стойки 12 имеют цилиндрический хвостовик, обеспечивающий их поворот. Они крепятся винтами 11, входящими в паз хвостовика. Ползун 9 удерживается от поворота и фиксируется после закрепления заготовки винтами 6.

Особенностью конструкции данного приспособления является установка горизонтальных базовых опор 14 под обрабатываемую

мую заготовку 3 у каждой стойки. Несоблюдение этого условия приведет к изгибу заготовки при ее закреплении. Поэтому к опорным поверхностям баз приспособления предъявляются повышенные требования — они должны быть обработаны с одной установкой в сборе. Заготовка прижимается к базовым опорам клиновым механизмом, образованным скосом на пятах 5 и наклонными плоскостями на стойке 15, а также ползуне 9. Приспособление гарантирует надежное прижатие заготовки к базовым горизонтальным опорам и повышает жесткость.

На станках с ЧПУ широко используется пружинно-гидравлическая оснастка. Ее применение наиболее целесообразно в тех случаях, когда требуется постоянная, значительная по величине сила зажима (фрезерные станки, обрабатывающие центры). С помощью такой оснастки обеспечивается быстрое действие при закреплении и откреплении заготовок, повышение производительности труда оператора. За счет надежного жесткого закрепления заготовок возможно сокращение основного времени в результате повышения режимов резания. В отличие от гидравлической зажимной оснастки пружинно-гидравлический зажим заготовок осуществляется с помощью тарельчатых пружин, а гидропривод используется в основном для разжима заготовки.

Одна из конструкций универсальных пружинно-гидравлических тисков представлена на рис. 7.14. Неподвижная губка 8 установлена непосредственно у пружинно-гидравлического цилиндра, встроенного в корпус 11 поворотной части тисков, а хвостовик винта 9 проходит через отверстие в стойке 16 поворотного корпуса 11, установленного на неподвижной части 10 тисков. В ползуне 14 тисков неподвижно закреплена гайка 15, сопряженная с винтом 9. Между комплектом тарельчатых пружин 5 и корпусом 11 установлен упорный шарикоподшипник 6, облегчающий вращение винта 9 при создании давления в гидравлической камере цилиндра. Для уплотнения камеры на поршне 3 установлены кольца 2. Тиски работают следующим образом. Перед установкой заготовки между неподвижной 8 и подвижной 12 губками в гидравлическую камеру цилиндра, расположенную между поршнем 3 и крышкой 1, под давлением подводится рабочая жидкость. Под действием этого давления поршень 3 перемещается вправо, смещая вправо винт 9 и сжимая комплект тарельчатых пружин 5. Вместе с винтом 9 вправо сдвигается подвижная губка 12. После установки заготовки вращением винта 9 за маховичок 17 устраняют зазоры в соединениях зажимных элементов, при этом из гидравлической камеры сливает-

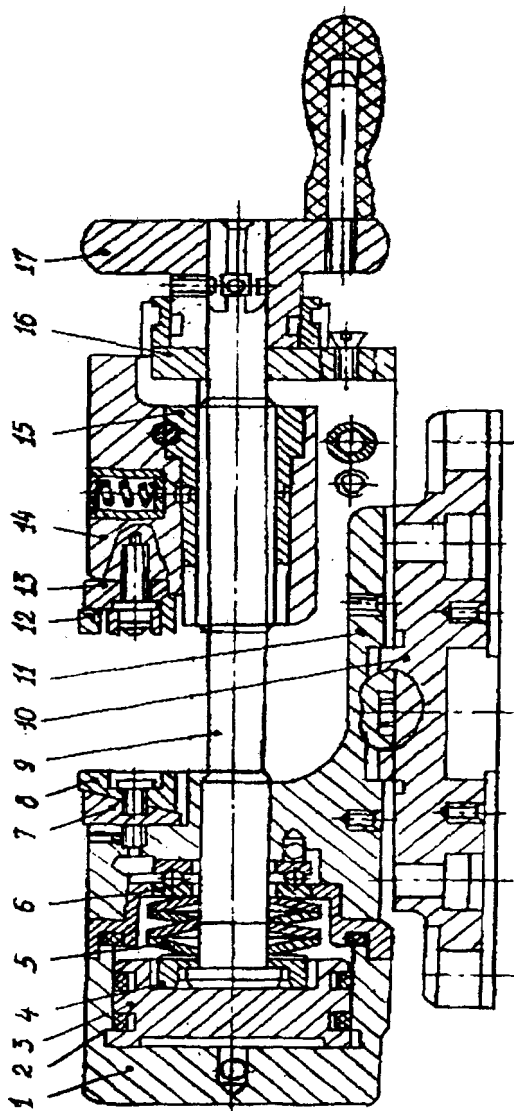


Рис. 7.14. Пружинно-гидравлические тиски

ся жидкость, давление падает, и тарельчатые пружины 5 осуществляют зажим заготовки. Скошенные подкладки 7 и 13 повышают надежность зажима заготовки.

7.4. Технологическая оснастка для гибких производственных систем

При обработке заготовок на металлорежущих станках гибких производственных систем (ГПС) станочная оснастка является одним из важнейших звеньев технологической системы, в значительной степени определяющим точность обработки, производительность, а также количество обслуживающего персонала ГПС в целом.

В производстве, построенном на базе станков с ЧПУ, переналадка основного и вспомогательного оборудования требует лишь замены управляющих программ, что может быть быстро осуществлено. Замена же или переналадка приспособлений и комплекта инструментов, как правило, требует значительно большего времени. Следовательно, гибкость ГПС зависит не только и не столько от гибкости основного и вспомогательного оборудования, сколько от гибкости применяемой оснастки.

В отличие от традиционного использования станков с ЧПУ, где применение специализированных наладочных приспособлений обеспечивает групповую обработку заготовок, характеризующуюся общей последовательностью операций, обработка на станках с ГПС осуществляется по принципиально иной схеме, которая обеспечивает обработку группы заготовок различной конфигурации с разной последовательностью операций. Поэтому применение традиционных групповых приспособлений в ГПС нецелесообразно.

В настоящее время существует два вида ГПС: для обработки заготовок типа тел вращения (на базе токарных станков) и для обработки корпусных заготовок (на базе многооперационных станков). Для каждого вида ГПС применяют свои приспособления и инструментальную оснастку.

Приспособления для ГПС на базе токарных станков обеспечивают работу оборудования в автоматическом режиме, обладают высокой жесткостью и надежностью, их легко и быстро переналаживают при изменении номенклатуры обрабатываемых заготовок.

При работе токарных станков, обслуживаемых промышленными роботами, используются поводковые патроны или цент-

ры с торцовыми заостренными кулачками (поводками) (см. рис. 7.5) и инерционные поводковые патроны с эксцентриковыми кулачками.

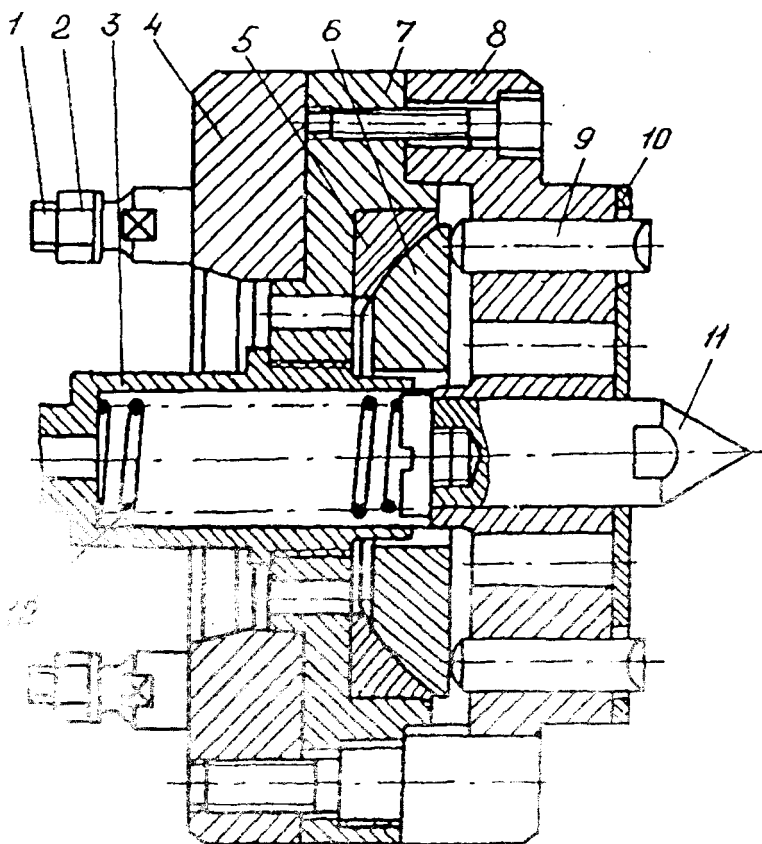


Рис. 7.15. Поводковый переналаживаемый патрон с торцовыми кулачками

Поводковый переналаживаемый патрон (рис. 7.15) предназначен для установки и вращения обрабатываемых заготовок $\varnothing 80 \dots 240$ мм. Он имеет шесть заостренных ведущих (штырьков) кулачков 9, установленных в корпусе 8, который крепится к переходнику 7. Для размещения кулачков в корпусе выполнены отверстия, расположенные на трех различных диаметрах D. В

зависимости от диаметра обрабатываемой заготовки кулачки устанавливаются в соответствующие отверстия и закрепляются сменной крышкой 10. Это значительно расширяет технологические возможности патрона, позволяет повысить передаваемый им крутящий момент. Торцы кулачков опираются на пяту 6, которая сопрягается по сферической поверхности с подпятником 5 для компенсации возможного биения торца закрепленной заготовки. Сменную крышку 10 устанавливают так, что ее овальные отверстия выходят за лыски ведущих кулачков и предотвращают их поворот. Каждому диаметру D соответствует своя крышка. В корпусе расположен подпружиненный плавающий центр 11. Вылет плавающего центра 11 и силу пружины регулируют вращением стакана 3 за лыски. Патрон соединяется со шпинделем станка с помощью переходного фланца 4 и закрепляется гайками 2 на шпильках 1. При установке заготовки промышленный робот (ПР) подводит ее центровое отверстие до центра патрона, а затем по команде ПР перемещает пиноль задней бабки с установленным в ней центром и прижимает заготовку к заостренным кулачкам 9 с требуемым усилием.

В современных токарных станках с ЧПУ пиноль задней бабки перемещается от гидравлического или электрического привода, который позволяет регулировать осевое усилие, действующее на заготовку. Выбор осевого усилия имеет решающее значение при применении поводковых патронов с торцевыми кулачками, так как чрезмерные осевые нагрузки неблагоприятно влияют на подшипники шпинделя станка, а недостаточное осевое усилие влечет за собой проскальзывание заготовок и поломки резцов.

Инерционный поводковый патрон (рис. 7.16) с тремя эксцентриковыми кулачками предназначен для вращения заготовок, установленных в центрах токарных станков. Его можно переналаживать для обработки заготовок в широком диапазоне диаметров: патроны двух типоразмеров позволяют закреплять заготовки $\varnothing 8...160$ мм. Патрон обладает высокой надежностью. Эксцентриковые кулачки 3 закреплены на осях 7 с помощью винта 9 и шайбы 8 и зафиксированы штифтом. Оси запрессованы в корпус 5 и зафиксированы в нем винтами. На осях между корпусом и диском 6 установлены рычаги 1, к которым винтами 2 крепится груз, находящийся в полостях корпуса. В каждом рычаге по окружности расположены пять отверстий под штифт 14, запрессованный в кулачок, который можно поворачивать относительно рычага и фиксировать в пяти различных положениях. Это позволяет переналаживать патрон

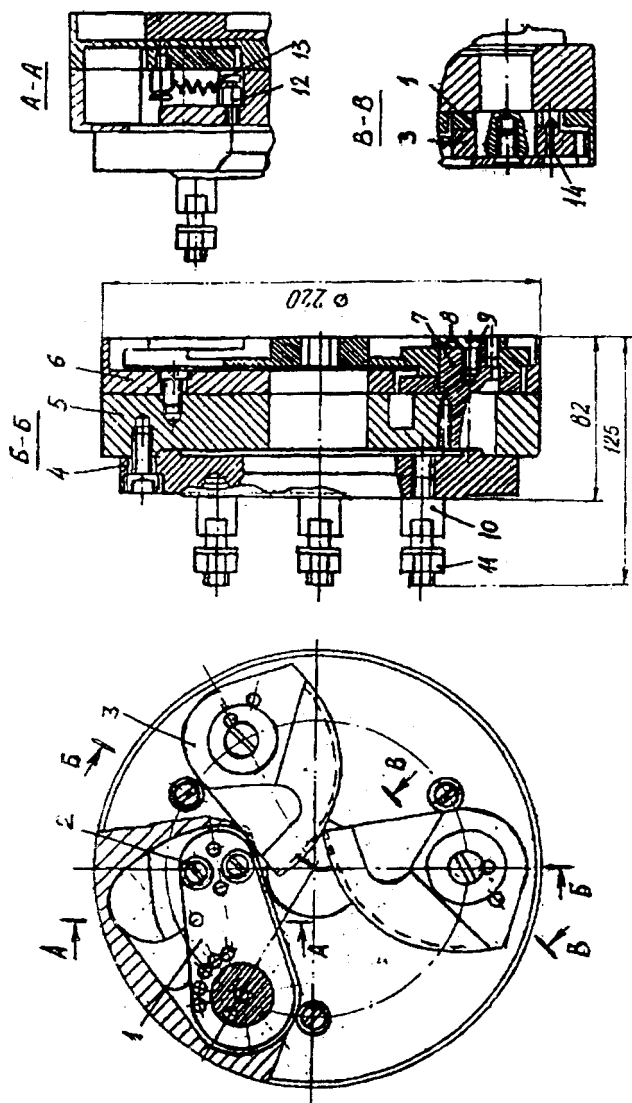


Рис. 7.16. Инерционный поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками

для закрепления заготовок различного диаметра. Пружины 13 прикреплены к штырям 12, установленным на рычаге и в корпусе, разводят кулачки в исходное положение. К корпусу прикреплен переходный фланец 4 с отверстием, соответствующим наружному посадочному размеру шпинделя станка. К шпинделю патрон крепится шпильками 10 и гайками 11.

При вращении патрона под действием центробежной силы грузы, преодолевая усилие пружин, расходятся, и рабочие поверхности (с насечкой) кулачков касаются заготовки, установленной в центрах станка. При действии силы резания и благодаря эксцентриситету кулачки плотно прижимаются к заготовке и передают крутящий момент при ее обработке. После остановки патрона кулачки под действием пружин возвращаются в исходное положение.

Токарный патрон ТОПАЗ-250 с автоматизированным зажимом (рис. 7.17) предназначен для оснащения токарных станков, встраиваемых в роботизированные комплексы и ГПС. Патрон обеспечивает быструю переналадку кулачков с размера на размер. Патрон состоит из корпуса 1, в котором размещены спиральный диск 2, кулачки 3, механизм перемещения кулачков 4 и кнопка ускоренного хода кулачков 5. Механизм перемещения кулачков при помощи трубы 6 соединяется с электромеханическим приводом. Вращение от привода через трубу передается на центральное колесо патрона и через планетарный механизм и спиральный диск на кулачки. При нажатии кнопки ускоренного хода 5 за счет выключения планетарного механизма и превращения его в центральный редуктор, кулачки получают ускоренное перемещение, необходимое при переналадках. Управление патроном осуществляется от команд робота или от ЭВМ.

Для станков с программным управлением используют устройства для быстрой смены кулачков в патроне. Схемы замены кулачков различные. В одних из них применяется магазин с автоматической заменой автооператором одного или одновременно трех кулачков, что позволяет сменить все кулачки за 30 с; в других — заменяется целиком патрон или применяется патрон с программным управлением.

Одна из конструкций патрона с программным управлением приведена на рис. 7.18. Положение кулачков по диаметру регулируется по команде системы ЧПУ. Патрон работает следующим образом: клиновые рейки 3, находящиеся в зацеплении с основными кулачками 4, с помощью тяги 1 и диска 2 передвигаются влево, перемещая основные кулачки 4 со сменными ку-

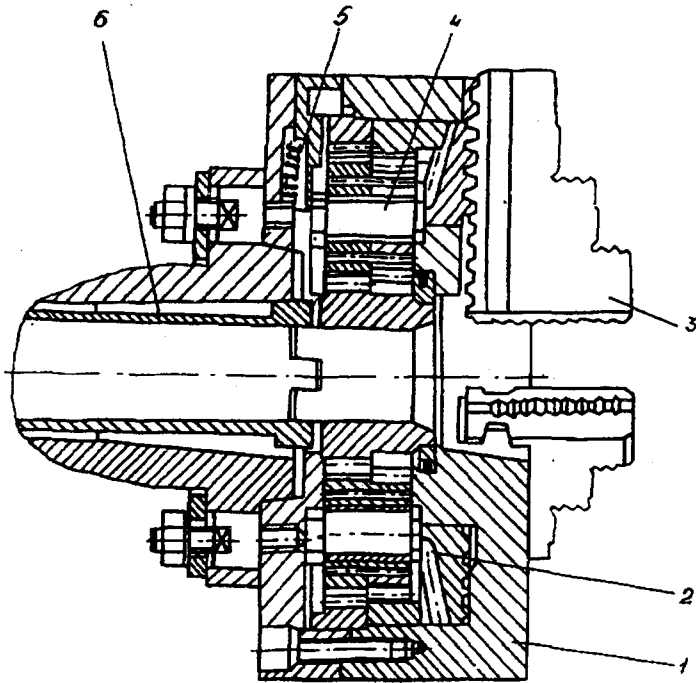


Рис. 7.17. Токарный патрон с автоматизированным зажимом ТОПАЗ-250

лачками 7 в радиальном направлении к центру патрона. При этом заготовка 8 центрируется и зажимается кулачками 7. При раскреплении заготовки тяга 1 перемещается вправо, и зубья клиновой рейки 3 выходят из зацепления с зубьями основных кулачков 4. При включении станка кулачки 4 под действием центробежных сил отжимаются до упора в ограничительные штифты 6 к периферии патрона. Ролик 5 по команде системы ЧПУ перемещается к центру патрона, воздействует на кулачки

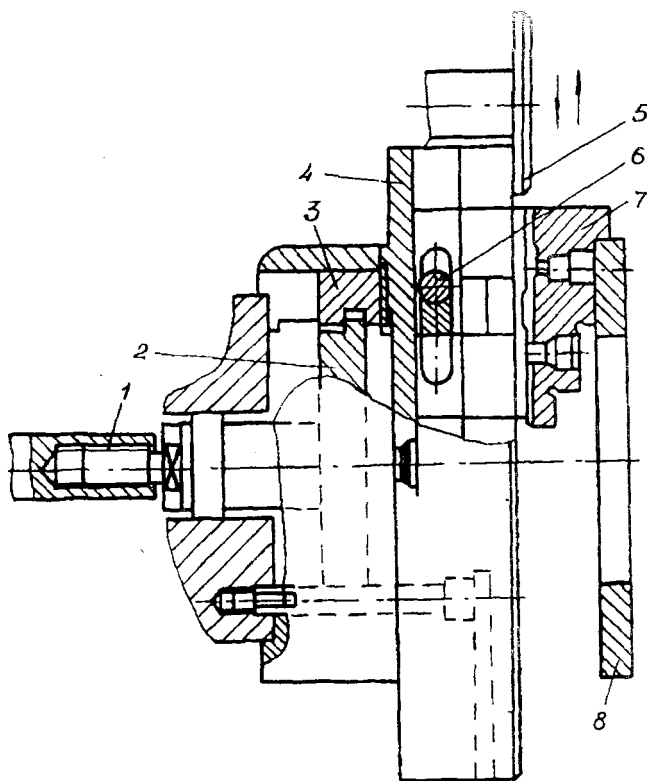


Рис. 7.18. Патрон клиноременный с программным управлением

7, автоматически устанавливает и настраивает их на требуемый диаметр.

Поскольку назначения и конструкции таких обязательных элементов гибких производственных систем как роботов, захватов и загрузочных устройств рассматриваются в курсе «Автоматизация технологических процессов», то в данном учебном пособии этот материал не излагается.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем особенность приспособлений для программных станков?

2. Какие требования предъявляются к этим приспособлениям?
3. Какова конструкция патронов типа ПЗК и ПЗК-У?
4. Каким образом в токарных приспособлениях к программным станкам компенсируются центробежные силы?
5. Какова конструкция пружинно-гидравлических тисок?
6. С какой целью применяются приспособления-спутники?
7. Что представляют собой гидрофицированные зажимные устройства?
8. Какова особенность оснастки для гибких производственных систем?

Глава 8. Высокпроизводительные приспособления для универсальных и программных станков

8.1. Многоместные приспособления

В настоящее время в производстве двигателей летательных аппаратов широко используются многоместные приспособления при обработке заготовок как на универсальных станках, так и на станках с программным управлением.

Применение многоместных приспособлений позволяет сократить штучное время обработки заготовки за счет уменьшения вспомогательного времени на установку и снятие заготовки; основное время (сокращается путь врезания и перебега инструмента), время, затрачиваемое на смену инструмента при обработке на станках с ЧПУ, так как одноименные поверхности во всех заготовках обрабатываются одним и тем же инструментом. Все это дает возможность повысить производительность обработки на 5—10%, а иногда и больше. Кроме этого, при применении многоместных приспособлений появляется возможность организовать многостаночное обслуживание и повысить коэффициент использования станка по машинному времени, а это особенно важно для дорогостоящих станков с ЧПУ.

Рассмотрим отдельные конструкции многоместных приспособлений. На рис. 8.1 представлено двухместное фрезерное приспособление с механизированным зажимом. Приспособление используется на операции фрезерования пазов в заготовках типа шестерен редуктора двигателя, фланцев, втулок, у которых базирование и закрепление осуществляется по внутреннему базовому отверстию. На корпусе 1 приспособления установлен пневмоцилиндр 2, на штоке которого закреплен клин 3. Установочными элементами приспособления являются два пальца 4

и кольца 5. Закрепление заготовки на пальце осуществляется тремя кулачками 6, равнорасположенными по окружности, имеющими клиновые скосы и удерживаемыми в радиальном направлении пружиной 7. Усилие на разжим кулачков 6 передается клином 8, который через коромысло 9, болт 10 и вкладыш 11, связан с клином 3. Раскрепление заготовки осуществляется пружинами 12, которые толкают вниз клин 8 после срабатывания на разжим пневмоцилиндра и отхода влево клина 3. Данная конструкция приспособления позволяет сократить вспомогательное время на операцию, связанное с установкой заготовки.

На рис. 8.2 представлена конструкция многоместного приспособления, применяемого на операции фрезерования кромок лопаток компрессора со стороны входа. Обработка осуществляется на станке с ЧПУ 6М13ГН-1 двухшпиндельной головкой, при этом одновременно обрабатываются две заготовки. На операции лопатка базируется и закрепляется по замку (типа «ласточкин хвост») и технологической прибыли. При этом замок уже является окончательно обработанным и служит основной базой. На основании 1 закреплена стойка 2 и площадка 3, на которых смонтированы все детали и узлы приспособления. Лопатка замком базируется в угольнике 4 и зажиме 5, который установлен на стойке через втулку 6. В зажиме имеется паз, выполненный точно по форме «ласточкиного хвоста», в который устанавливается замок лопатки. Зажим с помощью тяги 7 соединен с пневмоцилиндром 8, который крепится к приспособлению двумя стойками 9. Базирование технологической прибыли лопатки осуществляется по пластине 10, а закрепление происходит вручную с помощью винтового прихвата 11. Установка приспособления на станке осуществляется двумя пальцами 12.

При базировании заготовка замком вставляется в зажим 5 и закрепляется с помощью пневмопривода. Затем технологическая прибыль вручную поджимается к пластине 10. Тем самым осуществляется полное базирование и закрепление заготовки в приспособлении. Применение данного приспособления позволяет значительно повысить производительность обработки на станках с ЧПУ за счет сокращения машинного и вспомогательного времени.

8.2. Механизированные и автоматизированные приспособления

Механизация и автоматизация станочных приспособлений позволяет освободить рабочего от тяжелого ручного труда, повышает производительность, облегчает труд, высвобождает оп-

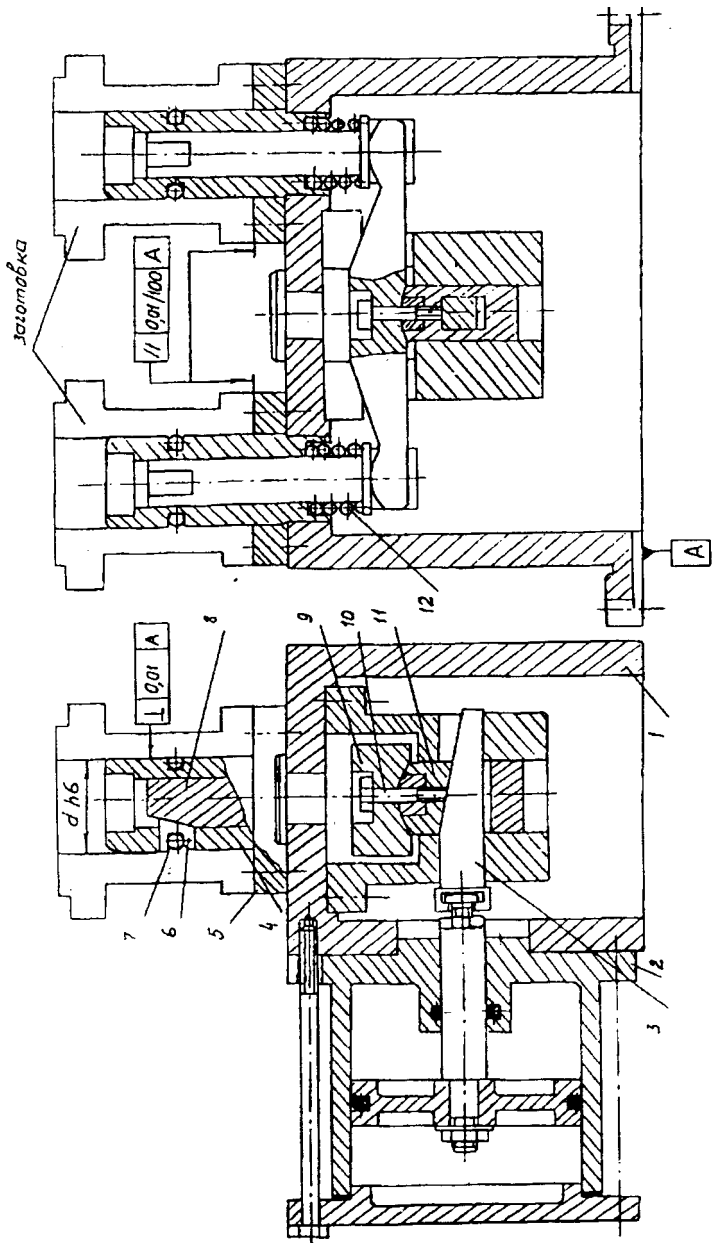


Рис. 8.1. Двухместное фрезерное приспособление с механизированным зажимом

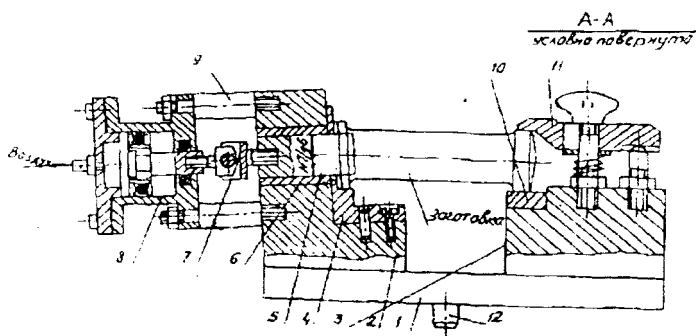
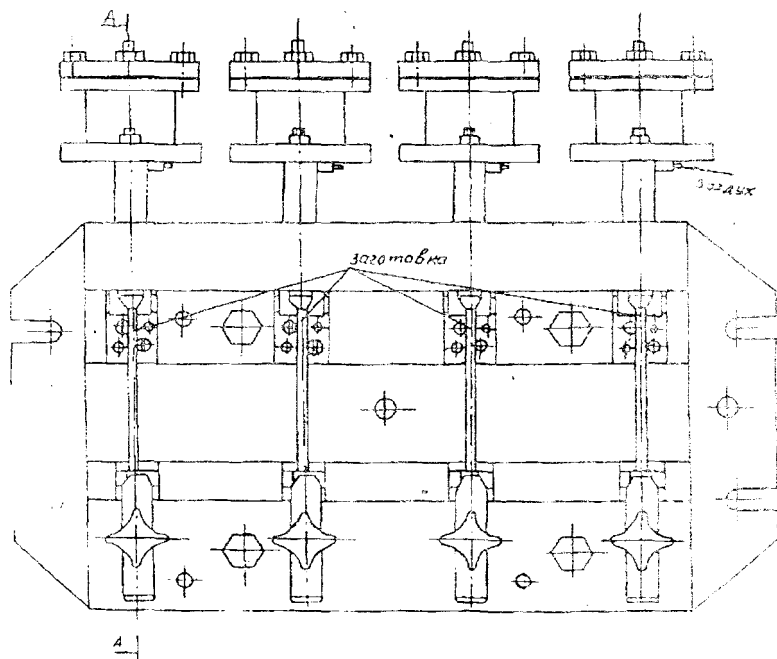


Рис. 8.2. Многоместное фрезерное приспособление для обработки лопаток компрессора

ределенное число рабочих. В зависимости от производства проводится частичная или полная автоматизация приспособлений. Механизируют и частично автоматизируют следующие элементы работы приспособлений: загрузку заготовок в рабочую зону приспособления; базирование заготовок, т. е. доведение их базовых поверхностей до полного контакта с установочными элементами; закрепление и открепление заготовок; вращение, фиксацию и крепление поворотных (или передвижных) частей приспособлений; съем и выталкивание заготовок после обработки; очистку от стружки. В автоматизированных приспособлениях весь цикл, начиная от загрузки и базирования и кончая съемом обработанных заготовок, производится без участия рабочего.

Автоматизация приспособлений в большинстве случаев основана на применении пневматических, пневмогидравлических, механических, электрических или гидравлических приводов, управляемых через конечные выключатели, сервозолотники и упоры перемещающимся рабочими органами станка (шпинделем сверлильного станка, суппортом токарного станка, столом фрезерного станка и т. д.). Автоматизация цикла работы станка, дополненная автоматизацией цикла работы приспособления, позволяет превратить обычные универсальные станки в автоматы и полуавтоматы, а это в свою очередь обеспечивает значительное повышение производительности труда и возможность многостаночного обслуживания.

Следует отметить, что в авиадвигателестроении в связи со спецификой производства и обрабатываемых заготовок (малая партия заготовок, труднообрабатываемые материалы, сложные пространственные формы, высокие требования по точности обработки и шероховатости) наибольшее распространение получили механизированные приспособления.

На рис. 8.3 представлен кондуктор для сверления отверстий во фланце диска компрессора авиационного двигателя. Приспособление состоит из двух основных узлов: кондуктора и делительного устройства. Обрабатываемый диск 1 устанавливается на установочный элемент — кольцо 2 приспособления и центрируется по пояску $\varnothing B_{н6}$. Для выхода сверла в кольцо 2 выполнены отверстия. Перед установкой заготовки в приспособление в пневмокамеру 10 подается воздух, под действием которого шток 11 поднимается вверх, освобождая быстросменную шайбу 18 и накладную крышку 17. После установки заготовки на нее надевают накладную крышку, которая также центрируется по внутреннему отверстию в диске. Закрепление диска в приспособлении осуществляется под действием пружины,

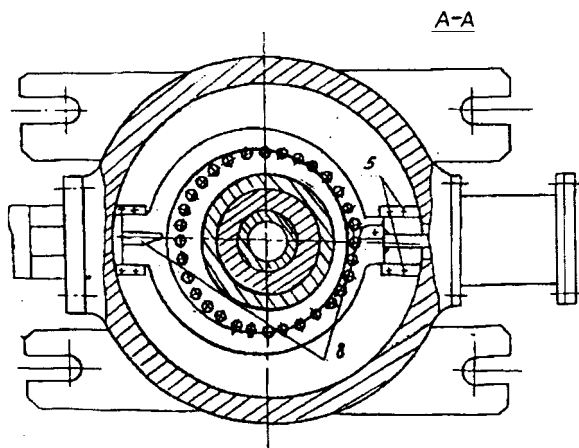
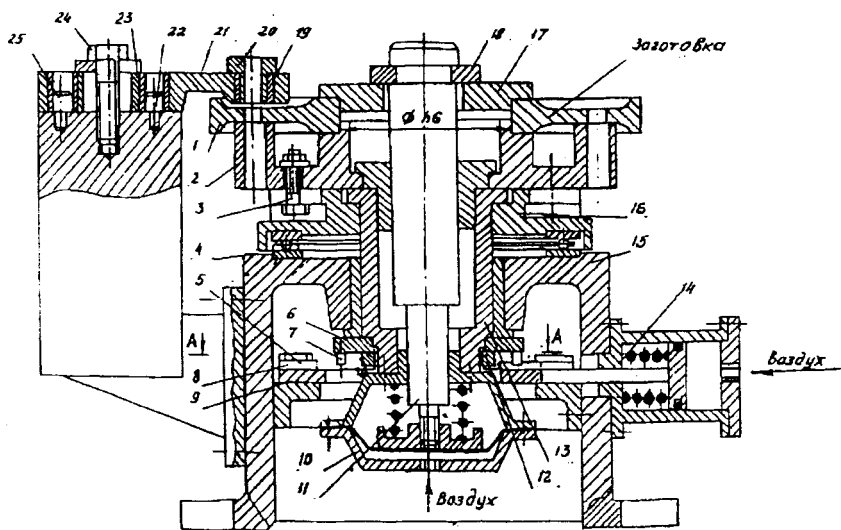


Рис. 8.3. Кондуктор с механизированным устройством

установленной в пневмокамере 10 после стравливания из нее воздуха. Кольцо 2 крепится к диску 16 с помощью болтов 3, устанавливаемых в Т-образных пазах диска 16. Между диском 16 и корпусом 15 располагается упорный шарикоподшипник 4, тем самым создана возможность поворота верхней части приспособления относительно корпуса.

Кондукторная втулка 20 установлена в кондукторной планке 21 через промежуточную втулку 19. Планка центрируется на опоре 22 с помощью двух штифтов 25 и крепится болтом 24 через быстросъемную шайбу 23. Перед установкой и снятием заготовки болт 24 открепляется и планка снимается с опоры.

Механизм деления и фиксации приспособления в угловом положении включает в себя делительный диск 6 с запрессованными в нем штифтами 7, равномерно расположенными по окружности, ползун 9 с закрепленными на нем двумя ползушками 8, направляющими 5 и пневмоцилиндр 14. Делительный диск 6 крепится к поворотной части приспособления с помощью центральной втулки 13 и гайки 12. При стравливании воздуха из пневмоцилиндра 14 поршень под действием пружины перемещается вправо, увлекая за собой ползун 9 с закрепленными на нем ползушками 8, выполненными в виде клина. При этом правая ползушка выходит из закрепления со штифтами 7, а левая перемещается вправо, поворачивая делительный диск 6 на определенный угол. Затем в пневмоцилиндр подается воздух и правая ползушка дополнительно поворачивает диск на требуемый угол и заклинивает его. После обработки одного отверстия вновь стравливается воздух из пневмоцилиндра 14 и весь цикл процесса деления повторяется вновь.

Данное приспособление позволяет значительно повысить производительность труда и обеспечивает высокую точность взаимного расположения отверстий, что очень важно для таких деталей как диски компрессора и турбины.

Пневмогидравлическое приспособление (рис. 8.4) для сверления отверстий во фланцах стаканов, крышек предназначено для обработки на станках с ЧПУ заготовок, у которых установочная база — центральное отверстие. Из-за недостаточной жесткости такую заготовку закрепляют по наружному диаметру фланца. На основании 1 приспособления установлен диск 4 с радиальными Т-образными пазами и осью 5. На диске смонтированы центрирующие кулачки 14 и подставки 13. Правильность установки кулачков проверяется от оси. Заготовка зажимается кулачками 3, закрепленными на ползунах 2. Последние подпружинены пружинами 15, один конец которых упирается в

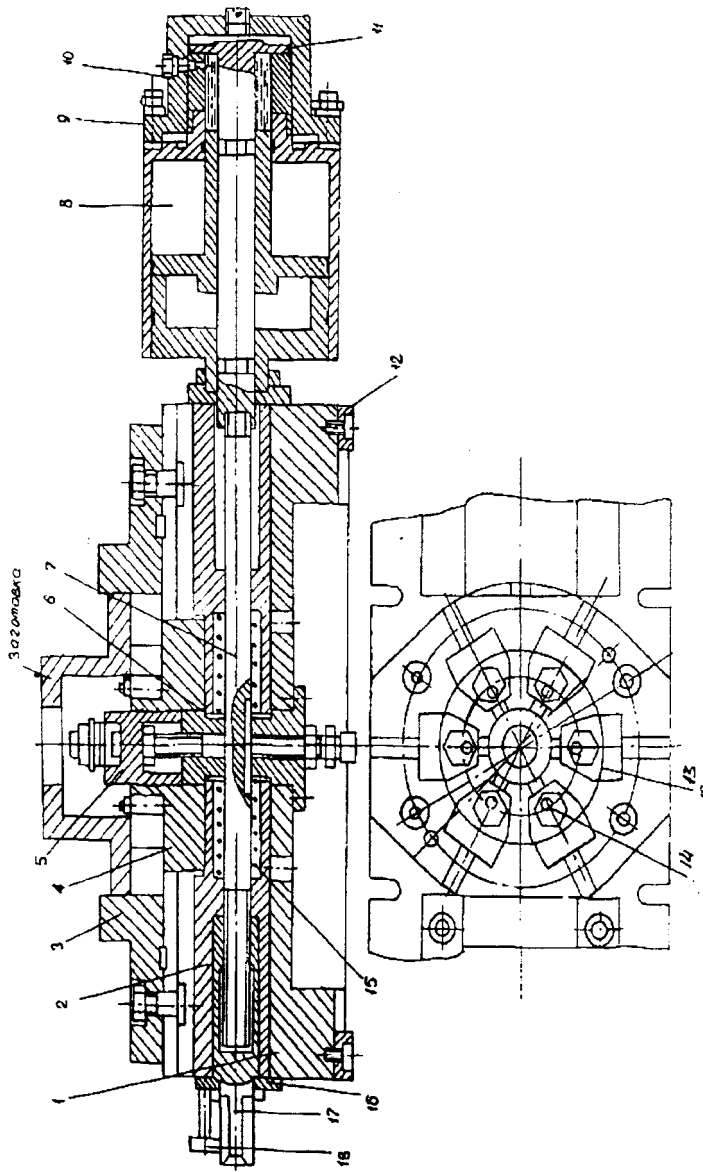


Рис. 8.4. Переделываемое приспособление для сверления отверстий во фланцах стаканов и крышек

пробку 6, установленную в основании. Оба ползуна стянуты шпилькой 7, на один конец которой навинчена гайка 17 с четырехгранным хвостовиком, а другой соединен со штоком поршня 11 пневмогидравлического цилиндра 8. Крышка 9 последнего одновременно служит корпусом гидравлического цилиндра. Втулка 10 ограничивает ход поршня. При зажиме заготовки воздух поступает в пневмогидравлический цилиндр, прикрепленный к одному из ползунков через один рукав, а при отжиме—через другой. Планка 16 удерживает гайку 17 от осевого перемещения. Винты 18 своими головками ограничивают перемещение ползунков, что обеспечивает их равномерный отход от заготовки при раскреплении. Шпонки 12 служат для базирования приспособления на станке. Рассмотренное приспособление обеспечивает высокую точность базирования и может быстро переналаживаться на обработку заготовок различного размера.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем особенность многоместных приспособлений?
2. На каком оборудовании целесообразно использовать многоместные приспособления?
3. Что называется механизированным и автоматизированным приспособлениями?

Глава 9. Стандартизация и унификация приспособлений

9.1. Значение стандартизации и унификации приспособлений

Большое значение в сокращении сроков и трудоемкости проектирования и изготовления приспособлений имеет стандартизация и унификация приспособлений. Стандартизация и унификация приспособлений осуществляется на нескольких уровнях:

государственные стандарты (ГОСТы) охватывают широкий перечень характерных стандартизованных деталей и сборочных единиц приспособлений;

отраслевые стандарты (ОСТы) разрабатываются министерством применительно для изделий данной отрасли, на типовые конструкции приспособлений, методы, нормы проектирования и производства;

стандарты предприятия (СТП) разрабатываются предприятиями на основе ГОСТ и ОСТ и имеют ограниченные перечни стандартизованных деталей и сборочных единиц, нормы и правила проектирования и изготовления приспособлений применительно к данному предприятию.

При стандартизации и унификации приспособлений в стандартах и нормативно-технических документах (НТД) предусматривается весь комплекс вопросов: порядок оформления и прохождения заказов на проектирование; порядок проектирования, изготовления, контроля и внедрения; правила периодической проверки, ремонта, хранения; требования безопасности при эксплуатации и ремонте приспособлений и др.

В настоящее время стандартизация и унификация охватывает широкий диапазон групп деталей и сборочных единиц приспособлений, что позволяет конструкторам при проектировании специальных специализированных групповых приспособлений широко использовать стандартные элементы, уровень которых достигает 70%. Кроме стандартизации отдельных групп деталей и сборочных единиц созданы стандартизованные системы приспособлений. В системе сборно-разборных приспособлений (СРП) уровень стандартизации сборочных единиц и элементов достигает 80% и более, а в системе универсально-сборочных приспособлений (УСП) стандартизованы все 100% элементов.

Широкое внедрение стандартизации и унификации дает возможность:

- сократить сроки и снизить трудоемкость проектирования и изготовления приспособлений;

- повысить качество изготавливаемых приспособлений;

- уменьшить расход металла и снизить стоимость приспособлений;

- сократить цикл оснащения приспособлениями производства;

- многokrатно использовать стандартные элементы после разборки приспособлений, снятых с производства;

- обеспечить высокую производительность при эксплуатации приспособлений.

9.2. Сборно-разборные приспособления

Система сборно-разборных приспособлений (СРП) основана на многократном использовании стандартизованных сборочных единиц и деталей при создании приспособлений. Степень стандартизации в СРП достигает 80% и более. При сборке сложных и оригинальных конструкций возникает необходимость использовать специальные сменные наладки, состоящие из стандартизованных и специальных деталей. При этом специальные детали могут составлять не более 20% всех деталей СРП. Стандартизованные сборочные единицы изготавливаются централи-

зовано и поставляются заводами потребителям, а специальные сменные наладки индивидуально проектируются и изготавливаются на самих заводах-потребителях. При компоновке СРП можно осуществлять требуемую условиями сборки небольшую доработку отдельных стандартизованных элементов. Доработке чаще всего подвергаются корпусные элементы, в которых разрешается выполнять базовые и крепежные отверстия, обработку сопрягаемых поверхностей и др. При этом доработка не должна влиять на повторное использование этих элементов для сборки СРП.

Практика показала, что СРП целесообразно применять в серийном и мелкосерийном производствах. Они особенно удобны при доводке изделий и освоении их в серийном производстве, а также при частой модернизации изделий, что характерно для авиационного двигателестроения. При этом резко сокращается подготовка приспособлений к работе, так как на сборку СРП затрачивается не более 20 часов, а переналадка осуществляется в несколько раз быстрее. СРП применяются с механизированными или быстродействующими ручными зажимами. Все стандартизованные сборочные единицы объединяются в группы по своему функциональному назначению. Рассмотрим назначение и конструктивные особенности сборочных единиц, входящих в группы.

Базовые сборочные единицы служат основой (корпусом) СРП, на них монтируются все остальные элементы согласно требованиям чертежа приспособления. Базовые элементы своей опорной поверхностью устанавливаются на сопрягаемые поверхности станка (стол, шпиндель). В группу базовых элементов входят прямоугольные и круглые плиты, угольники, планшайбы и другие виды корпусов.

Базовые плиты являются корпусом для компоновки фрезерных и сверлильных СРП и выпускаются в двух вариантах: немеханизированные, механизированные, со встроеным в корпус плиты гидравлическим приводом. На верхней поверхности плит имеются точно расположенные Т-образные пазы и сетка координатно-центрирующих отверстий, которые позволяют точно устанавливать и закреплять все компоуемые сборочные единицы и специальные сменные наладки. Центральное отверстие предназначено для определения точного положения плиты на столе станка с программным управлением. В плитах имеются пазы, отверстия для жесткого крепления приспособления к столу станка. Конструкция плиты с гидроприводом и собранное приспособление приведены ранее (см. рис. 7.9, 7.10).

Установочные сборочные единицы и детали обеспечивают пространственное положение обрабатываемых заготовок в компоновке приспособления. К ним относятся подводимые регулируемые опоры, призмы, планки, пальцы и др. (см. рис. 2.7, 2.8, 2.10).

Прижимные сборочные единицы и детали предназначены для закрепления обрабатываемой заготовки в собранном приспособлении. В эту группу входят неподвижные и подвижные тисочные губки, различные типы прижимов с ручным и механизированным действием. Механизированные зажимы снабжены гидравлическим приводом с диаметром цилиндра 50...75 мм, обладающим наибольшей комплектностью. Сборно-разборные приспособления для токарной обработки komponуются на базовой сборочной единице-планшайбе, которые выпускаются шести типов. Планшайбы являются корпусом приспособления, на них имеются радиальные, кольцевые или параллельные Т-образные пазы, базовые и резьбовые отверстия, с помощью которых устанавливаются и закрепляются сменные наладки и зажимные устройства. Кроме этого, для токарных и шлифовальных работ предусматривают сборно-разборные фланцевые цанговые оправки с ручным и пневматическим приводом, а также изготавливаются фланцевые гладкие оправки с винтовым зажимом.

При применении СРП в серийном производстве, когда часто чередуются обрабатываемые партии заготовок одного наименования, приспособление используется как специальное. Так как в этом случае после обработки заданной партии заготовок приспособление снимают со станка и хранят до запуска повторной партии заготовок. Следовательно, приспособление эксплуатируется долгосрочно, т. е. весь период выпуска данной детали. После снятия этой детали с производства приспособление разбирается и стандартные сборочные единицы и детали могут многократно использоваться для других сборок СРП.

СРП применяют и как специализированные переналаживаемые приспособления, предназначенные для обработки однотипных заготовок разных наименований на заданной технологической операции. В этом случае СРП снабжается комплектом сменных наладок, которые состоят из стандартизованных и специальных элементов. Базовая сборочная единица является универсальной, а сменные наладки специальными, так как каждая наладка предназначена для конкретного наименования обрабатываемой заготовки. При переналадке обычно базовую сбо-

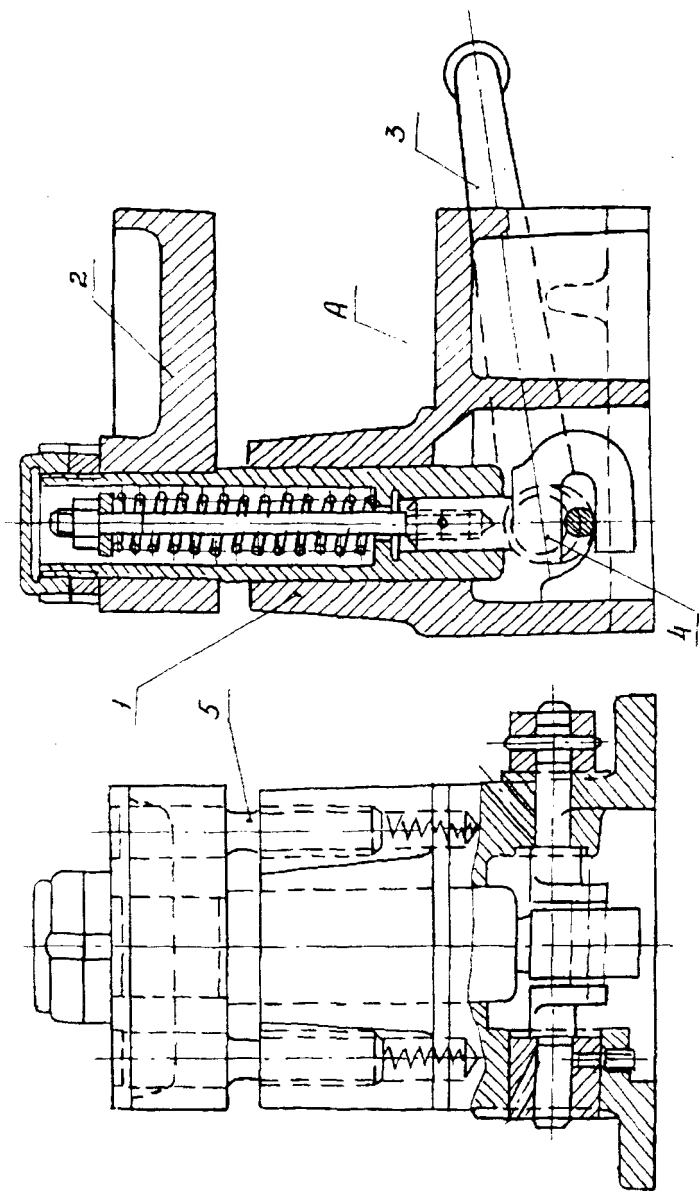


Рис. 9.1. Стандартизованная базовая сборочная единица скальчатого кондуктора

рочную единицу не снимают со станка. Переналадка должна выполняться сравнительно быстро и занимать меньше времени, чем потребуется на установку другого приспособления, чтобы не вызвать дополнительные простои станка. Такие приспособления получили наиболее широкое распространение при обработке заготовок на станках с числовым программным управлением.

Практика показала, что применение СРП позволяет значительно сократить цикл оснащения производства приспособлениями, обеспечить высокую производительность за счет быстродействующих ручных и механизированных зажимов, быстрой переналадки, повысить коэффициент использования станка по машинному времени, а это особенно важно для станков с ЧПУ, снизить затраты средств и труда на проектирование и изготовление приспособлений и многократное использование стандартных элементов СРП.

На рис. 9.1 показана базовая сборочная единица скальчатого кондуктора с пружинным зажимом. Чтобы собрать СРП-кондуктор, необходимо скоординировать и закрепить на базовой сборочной единице специальную сменную наладку, состоящую из установочных, направляющих и прижимных элементов, и произвести дополнительную обработку в корпусе и крышке.

Установочные элементы закрепляют на поверхности А корпуса 1, кондукторные втулки устанавливают в крышке 2 и снизу к ней прикрепляют прижим. Закрепление заготовки осуществляется прижимом при опускании кондукторной плиты 2 с помощью пружинно-кривошипного механизма 4, управляемого рукояткой 3. Кондукторная плита точно направляется скалками 5.

Базовые сборочные единицы выпускаются и с механизированным зажимом — пневматическим приводом.

9.3. Универсально-сборные приспособления

Универсально-сборным называется сборно-разборное приспособление, состоящее из 100% стандартизованных элементов по всем параметрам. Такая степень стандартизации и взаимозаменяемости в системе УСП позволяет многократно собирать из элементов различные приспособления — компоновки. УСП нашли широкое применение в единичном и мелкосерийном производствах, а также на опытных заводах и при освоении серийного производства двигателей. Объясняется это тем, что цикл подготовки приспособлений к работе очень короткий, так как сборка УСП для выполнения определенной операции про-

изводится за 2—4 часа и собранное приспособление гарантирует точность и экономичность обработки [15].

УСП собирается из универсальных стандартных элементов, но собранное приспособление становится специальным, так как оно предназначено для выполнения конкретной операции. После обработки заданной партии заготовок приспособление разбирают и элементы УСП используются для сборки других приспособлений, т. е. они находятся в непрерывном обращении. Приспособления УСП применяют для обработки заготовок на всех типах металлорежущих станков.

Число стандартизованных деталей и неразборных узлов, которые находятся в постоянном кругообороте при обслуживании компоновками одного цеха или ряда цехов, принято называть комплектом элементов. Комплекты элементов УСП изготавливаются централизованно. Для станочных приспособлений выпускаются три серии комплектов УСП-8, УСП-12, УСП-16, которые различаются шириной Т-образных и П-образных пазов (соответственно 8, 12 и 16 мм), числом и типоразмерами элементов. Эти комплекты позволяют собирать приспособления для установки заготовок с определенными диапазонами размеров (табл. 9.1). При этом элементы выполнены так, что позволяют компоновать приспособления из разных комплектов УСП, для этого стандартами предусмотрены переходные детали. На детали УСП разработано более 700 ГОСТ.

Т а б л и ц а 9.1
Характеристики комплектов элементов УСП

Комплекты элементов	Наибольшие размеры устанавливаемых заготовок (длина, ширина, высота), мм	Количество элементов в комплекте, шт.	Среднее количество приспособлений собираемых, шт.	
			одновременно	в год
УСП-8	220x120x100	4100	30	1800
УСП-12	700x400x200	2100	15	800
УСП-16	2500x2500x1000	4300	20	900

Номенклатура комплекта элементов УСП по функциональным признакам делится на семь групп: базовые, опорные (корпусные), установочные, направляющие, прижимные, кре-

пежные и сборочные единицы (неразборные узлы). Отдельные элементы групп показаны на рис. 9.2.

Базовые детали являются самыми сложными и дорогими, они имеют различные размеры и форму: плиты круглые и прямоугольные, угольники. На базовые детали монтируются все остальные элементы при компоновке приспособления. Корпусные детали предназначены для образования корпуса приспособления совместно с базовым элементом, а при сборке малогабаритных приспособлений они выполняют функции базовых деталей. К этим элементам относятся опоры, проставки, прокладки, призмы, угольники, кондукторные планки и др.

Установочные элементы служат для фиксации корпусных деталей в приспособлении или для установки обрабатываемых заготовок. К ним относятся штыри, шпонки, пальцы, диски, переходники и др. Прижимные детали предназначены для закрепления обрабатываемой заготовки в приспособлении, к ним относятся различные прихваты, планки и т. п. Крепежные элементы — это болты, шпильки, винты, гайки, шайбы. Они обеспечивают соединение деталей приспособления и закрепление обрабатываемых заготовок. К разным деталям относятся ушки, вилки, хомутки, оси, рукоятки и др.

Сборочные единицы служат для ускорения процесса сборки приспособлений УСП. Они позволяют получить наиболее рациональные и компактные конструкции. В эту группу входят поворотные устройства, бабки центровые, фиксаторы, зажимы эксцентриковые, кулачковые, призмы подвижные, диски делительные, головки самоцентрирующие, кулачковые зажимы.

Поскольку элементы УСП используются многократно, они должны быть долговечными и в течение всего срока эксплуатации сохранять свои точностные параметры. Это предъявляет особые требования к выбору материалов, термообработке и к изготовлению элементов УСП по сравнению с элементами обычных приспособлений.

Для изготовления базовых и корпусных деталей применяют хромоникелевую сталь 12ХНЗА. Твердость рабочих поверхностей после закалки — HRC, 59...63, а внутренний слой — HRC, 29...31. Установочные выполняют из стали У8А и У10А с закалкой до твердости HRC, 52...56; направляющие — из сталей 20Х, 40Х; кондукторные втулки — из стали 9ХС, 20Х с твердостью HRC, 61...65, большинство прижимных и крепежных деталей — из сталей 38ХА и 40Х с последующей закалкой и отпуском до твердости HRC, 36...41, неотчетственные детали — из стали 45.

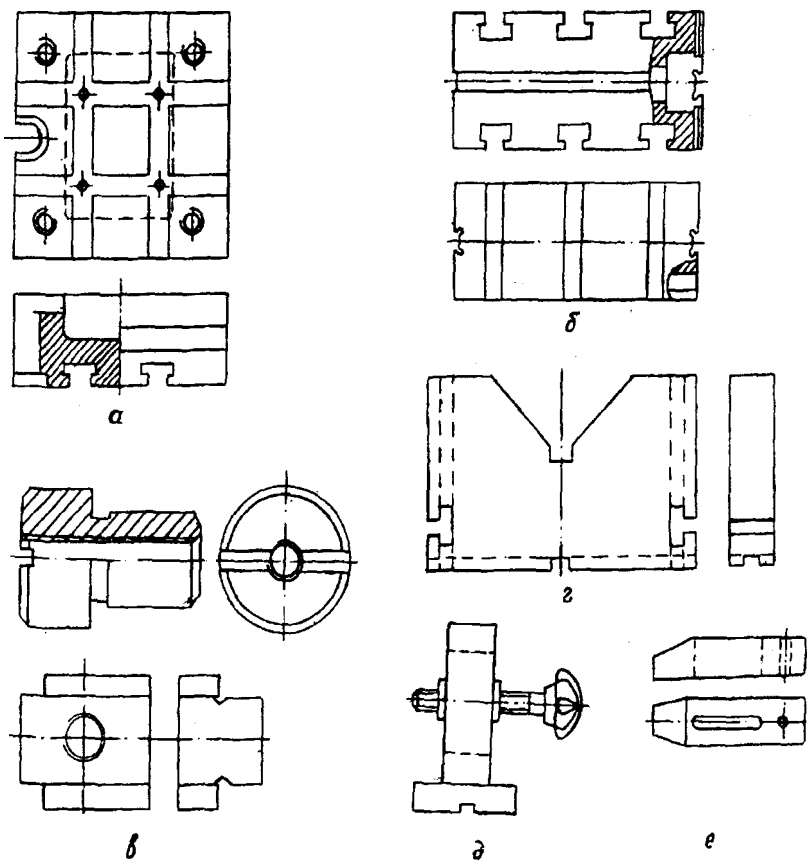


Рис. 9.2. Некоторые детали групп элементов УСП: а - базовые;
 б - корпусные; в - установочные; г - направляющие;
 д, е - прижимные

Второй существенной особенностью элементов УСП является относительно высокая точность их изготовления. Основные размеры рабочих поверхностей базовых, корпусных, установочных и направляющих элементов выполняются с точностью 5—7 качества. С такой же точностью выполняются отверстия, пазы, служащие базой для сочленения элементов. При этом обеспечивается полная взаимозаменяемость соединения элементов УСП. Координирующие размеры между осями отверстий, пазами выполняются с допусками $\pm 0,01$ мм. Отклонение от параллельности и перпендикулярности всех сторон пазов не превышает 0,01 мм на длине 100 и 200 мм.

Третья особенность элементов УСП — шероховатость поверхностей. Рабочие поверхности базовых, корпусных и других элементов обрабатывают с шероховатостью $R_a=0,32...0,16$, а остальные — $R_a=2,5...1,25$.

Практика показала, что базовые и корпусные элементы имеют срок службы 15 — 20 лет, а остальные детали — 10 — 15 лет.

Применение УСП сокращает цикл технологической подготовки производства, резко уменьшает объем конструкторских работ, расход металла и затраты на изготовление приспособлений, а также повышает производительность и себестоимость выполнения операции при обработке заготовки. Опыт эксплуатации приспособлений УСП на ряде заводов показал, что комплект окупается за 3 — 4 года. Следовательно, применение УСП экономически выгодно.

Система УСП систематически совершенствуется. Вместо ручных зажимов стали применять механизированные с использованием стандартизованных пневматических, пневмогидравлических и гидравлических устройств. В последние годы комплекты элементов УСП применяют для сборки переналаживаемых приспособлений (ПУСП) при групповой обработке заготовок. Эти комплекты снабжены наборами неразборных сборочных единиц (узлами), к которым относятся и гидроблоки, плиты с пневмоприводами и др. Это позволяет ускорять сборку и переналадку приспособлений и повысить производительность при обработке заготовок. Расширение технологических возможностей комплектов УСП и создание переналаживаемых приспособлений (ПУСП) позволило эти компоненты весьма успешно применять для обработки заготовок на станках с числовым программным управлением.

Сборку приспособлений производят на специализированных участках цеха, которые оборудованы рабочими местами для слесарей-сборщиков, стеллажами для хранения элементов УСП,

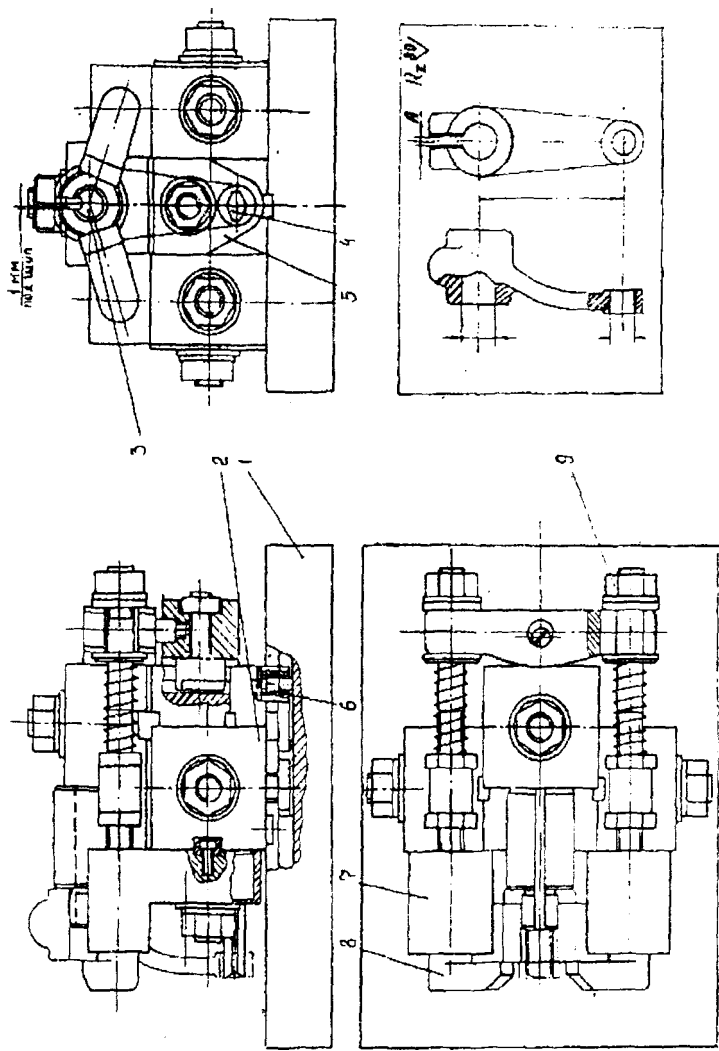


Рис. 9.3. Универсально-сборное приспособление для фрезерования паза в заготовке

проверочными плитами, специальными шкафами, где находятся техническая документация и высокоточный мерительный инструмент. Сборку осуществляют по чертежу детали и операционной технологической карте или по образцу заготовки, обработанному на данной операции. Для сборки сложных приспособлений используют эскизы, которые составляет конструктор приспособлений или технолог. Собранные приспособления целесообразно фотографировать и на фотографию нанести все номера элементов УСП, это позволяет сократить время при повторной компоновке приспособлений для обработки этого же наименования заготовки.

Рассмотрим компоновку УСП для фрезерования паза А в заготовке (рис. 9.3). На базовой плите 1 смонтированы корпусные элементы 2, на которых размещены установочные пальцы 3 и 4 и зажим с Г-образными прихватами 8. Точное расположение деталей 2 на плите 1 обеспечивается пазовыми шпонками 6. Таким же образом на корпусных деталях фиксируются стойки 7 зажима и подвеска 5. Установочные пальцы точно центрируются в отверстиях корпусного элемента (палец 3) и подвески 5 (палец 4). Цилиндрический палец 3 имеет продольный паз, который шире паза обрабатываемой заготовки. Этот паз используется как установ для настройки станка на заданный размер с помощью щупа толщиной 1 мм. Заготовка базируется на пальцах 3 и 4 и закрепляется одновременно двумя прихватами 8 при вращении гайки 9.

Вопросы для самоконтроля:

1. На каких уровнях осуществляется стандартизация и унификация приспособлений?
2. Что дает конструктору оснастки стандартизация и унификация приспособлений?
3. Что такое система сборно-разборных приспособлений?
4. Какова особенность конструкций универсально-сборных приспособлений?

Глава 10. Особенности приспособлений для электроэрозионной и электрохимической обработки и сварки заготовок

10.1. Приспособления для электроэрозионной обработки заготовок

Электроэрозионная (ЭЭО) и электрохимическая (ЭХО) обработки относятся к электрическим методам размерной обработки, в которых для съема материала используется электриче-

ская энергия, реализуемая непосредственно между рабочей поверхностью инструмента и обрабатываемой поверхностью заготовки. Процесс ЭЭО представляет собой разрушение металла или иного токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между двумя электродами, один из которых является обрабатываемой заготовкой, а другой — электродом-инструментом (ЭИ). Под действием высоких температур в зоне разряда происходит нагрев, расплавление и частичное испарение металла. Процесс обработки осуществляется в диэлектрической среде. ЭХО, основанная на принципе локального анодного растворения металла при высокой плотности тока в проточном электролите, представляет собой процесс копирования на заготовке формы ЭИ (катода).

Так как ЭЭО и ЭХО применяются для размерной обработки заготовок на различных технологических операциях, то основным назначением приспособлений, как и при механической обработке, является правильная установка обрабатываемых заготовок. В структуре этих приспособлений содержатся основные группы элементов общего назначения (установочные, зажимные, направляющие, делительные, корпусные и др.), которые образуют конструкции приспособлений для механической обработки. Однако, учитывая особенности процессов ЭЭО и ЭХО, возникает необходимость применения специальных устройств (токоподводящих, для подачи и отвода рабочей жидкости и др.), которые не используют в станочных приспособлениях. Помимо этого, специфика электрических методов обработки накладывает определенный отпечаток и на конструктивное оформление элементов приспособлений. В частности, при ЭЭО отсутствие значительных сил позволяет в общем случае снизить требования к жесткости приспособлений и использовать зажимные механизмы и силовые приводы меньшей мощности. Применение коррозионно-активных рабочих сред, главным образом при ЭХО, заставляет применять в конструкции приспособлений коррозионно-стойкие материалы и покрытия, а в отдельных случаях предусматривать специальные методы защиты от коррозии (катодную, протекторную защиты и др.). К отдельным элементам приспособлений могут быть предъявлены требования либо высокой электропроводности, либо высокого электросопротивления [16].

Приспособления для ЭЭО и ЭХО проектируются по общей методике, но с учетом особенностей, присущих данному методу обработки.

Приспособления для ЭЭО можно разделить по типу выполняемых технологических операций: для прошивания отверстий, обработки наружных поверхностей, прошивания полостей, разрезания заготовок, обработки непрофилированным электродом-инструментом (проволочкой).

Приспособления для ЭЭО должны отвечать основным требованиям, предъявляемым к аналогичным приспособлениям для механической обработки, и дополнительным, учитывающим особенности электроэрозионного воздействия и кинематики формообразования поверхности. К ним относятся:

обеспечение точного первоначального взаимного положения ЭИ и заготовки и последующая повторяемость их позиционирования при обработке партии заготовок, что достигается высокой точностью изготовления ЭИ и установочных элементов приспособления, возможностью точной выверки при установке их на станке, объединением электрододержателя с приспособлением для заготовки общими направляющими;

обеспечение высокого качества электроконтактных поверхностей приспособления для исключения возможных прижогов, дополнительного нагрева и деформации заготовок, что обеспечивается достаточной площадью контакта и хорошим прилеганием заготовки к приспособлению;

обеспечение самопроизвольной или принудительной эвакуации продуктов эрозии, что обеспечивается созданием в приспособлении специальных каналов для принудительной прокачки рабочей жидкости;

обеспечение быстрой переналадки и смены ЭИ с минимальными затратами времени.

Определенные трудности при выполнении операций электроэрозионной обработки возникают при установке и выверке приспособлений для крепления ЭИ. Поэтому стремятся наибольший объем по выверке ЭИ выполнять вне станка в специальных приспособлениях. Электрододержатель с базами, выполненными в виде «ласточкина хвоста» (рис. 10.1), используется при серийном производстве штампов, пресс-форм и т.д. Такой электрододержатель позволяет быстро, без дополнительной выверки произвести смену ЭИ. Приспособление состоит из электрододержателя 5 с базами для крепления инструмента 1 к подэлектродной плите 3. Фиксация ЭИ и электрододержателя в плите осуществляется прижимами 2 и 4. Подэлектродная плита оснащена хвостовиком в виде конуса Морзе для ее присоединения к шпинделю станка. В хвостовике предусмотрено отверстие для подачи рабочей жидкости в зону обработки.

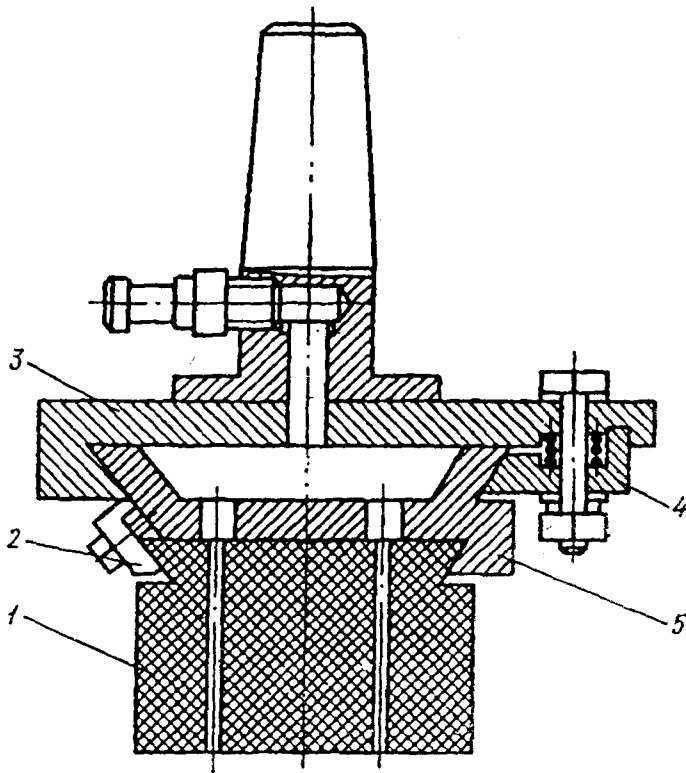


Рис. 10.1 Электрододержатель с бадами, выполненными в виде «ласточкина хвоста»

Для быстрой смены ЭИ, удобства его монтажа и последующей выверки относительно обрабатываемой заготовки применяется электромагнитная головка (рис. 10.2). Она состоит из корпуса 1, сердечника 2 и тороидальной катушки 4, находящейся между сердечником и катушкой слоя электрического изоляционного материала 3 и прихвата 5. Для базирования устанавливаемых на электромагнитной головке приспособлений имеется три штифта 11. При подключении катушки к электрической сети станка протекающий по ней ток создаст намагничивающие силы, которые притягивают якорь. Электромагнитная головка крепится к шпинделю станка или к промежуточным приспособ-

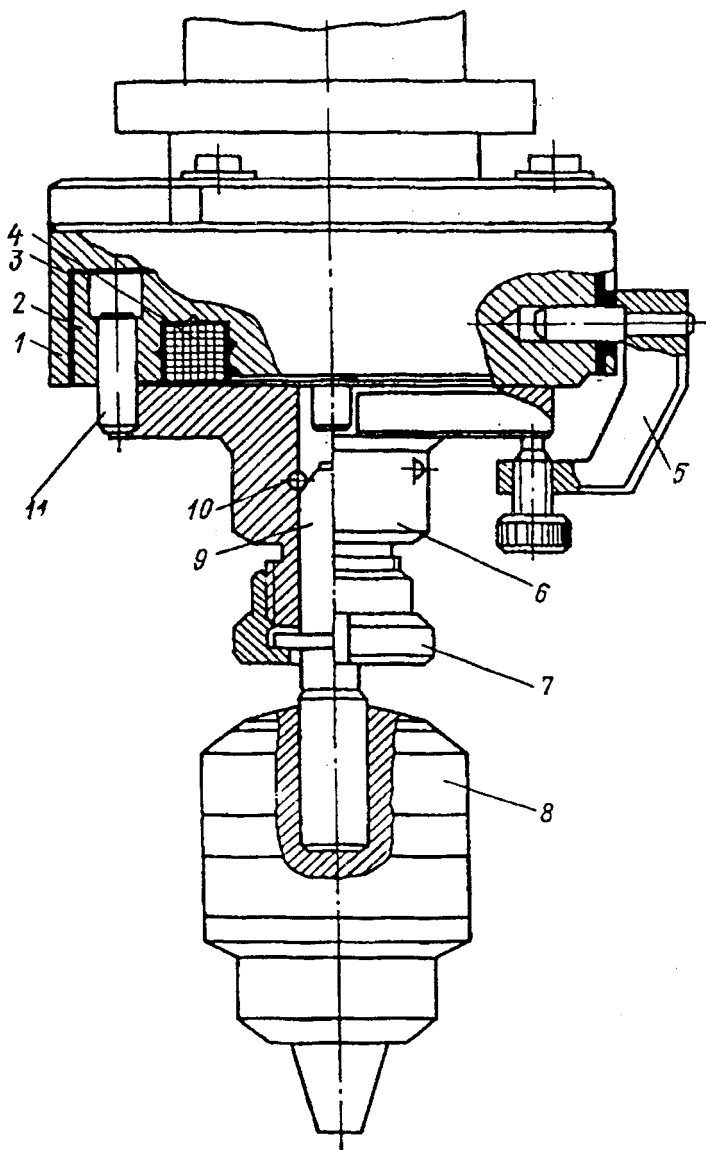


Рис. 10.2. Конструкция электромагнитной головки

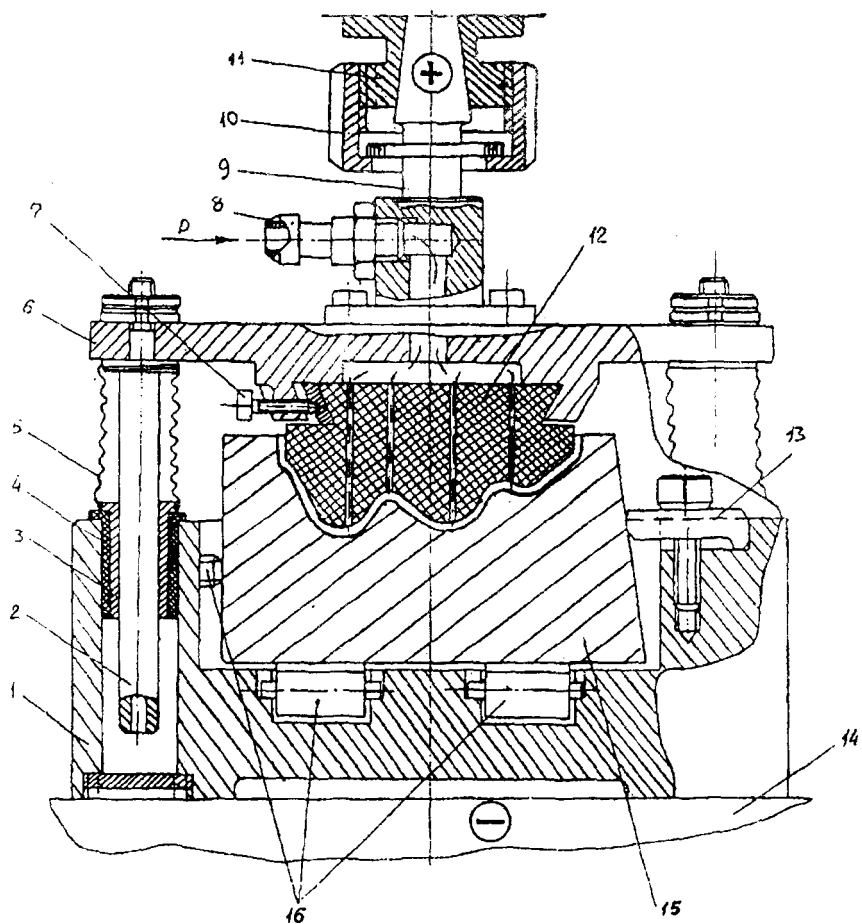


Рис. 10.3. Приспособление для электроэрозионного формообразования сложной поверхности гравюры ковочного штампа

соблениям. На рис. 10.2 приведен пример установки на электромагнитной головке электрододержателя, состоящего из корпуса 6 (он же служит якорем электромагнита) и гайки 7 для крепления хвостовика 9 ЭИ (или, как в данном случае, сверлильного патрона 8). Положение хвостовика базируется штифтом 10 и косым срезом на хвостовике.

На рис. 10.3 представлено приспособление для электроэрозионного формообразования сложной поверхности гравюры ковочного штампа. В корпусе 1 приспособления заготовка 15 базируется по установочным элементам 16 и закрепляется прихватом 13. Электрод-инструмент 12 по базам, выполненным в виде «ласточкина хвоста», крепится в электрододержателе 6 с помощью болта 7. Электрододержатель относительно корпуса приспособления перемещается по двум направляющим 2 во втулке 3. Втулка 4 выполнена из изоляционного материала и предохраняет от короткого замыкания. Гофрированная резиновая манжета 5 служит для предохранения от попадания рабочей жидкости в подвижное соединение направляющей 2 и втулки 3. Электрододержатель соединен с хвостовиком 9, который своей конической частью базируется в шпинделе станка 11 и закрепляется в нем гайкой 10. В хвостовике выполнено отверстие, в которое через штуцер 8 под давлением P поступает рабочая жидкость, а затем через отверстия, выполненные в ЭИ, в зону обработки, унося с собой продукты эрозии. Питание к ЭИ подается через шпиндель станка 11, а к обрабатываемой заготовке — от стола станка 14.

Приспособление для электроэрозионной прошивки отверстий в труднодоступных для лезвийного инструмента местах заготовки представлено на рис. 10.4. В заготовке 9 в радиальном направлении необходимо выполнить отверстие, соединив между собой два осевых отверстия. Для выполнения данной операции на столе станка 14 болтами 13 закреплен корпус 1. С помощью двух пальцев 12 обрабатываемая заготовка 9 базируется на корпусе и закрепляется с помощью клина 2 и винта 3. Электрод-инструмент 10 для обработки отверстия закреплен в скалке 5 винтами 11, которая в свою очередь установлена в хвостовике 6 и закреплена болтом 4. Хвостовик 6 по конусу базируется в шпинделе станка 8 и закрепляется гайкой 7.

10.2. Приспособления для электрохимической обработки

По своему технологическому назначению все приспособления для ЭХО можно разделить на следующие группы: для обработки штампов, пресс-форм, фасонных полостей заготовок (в

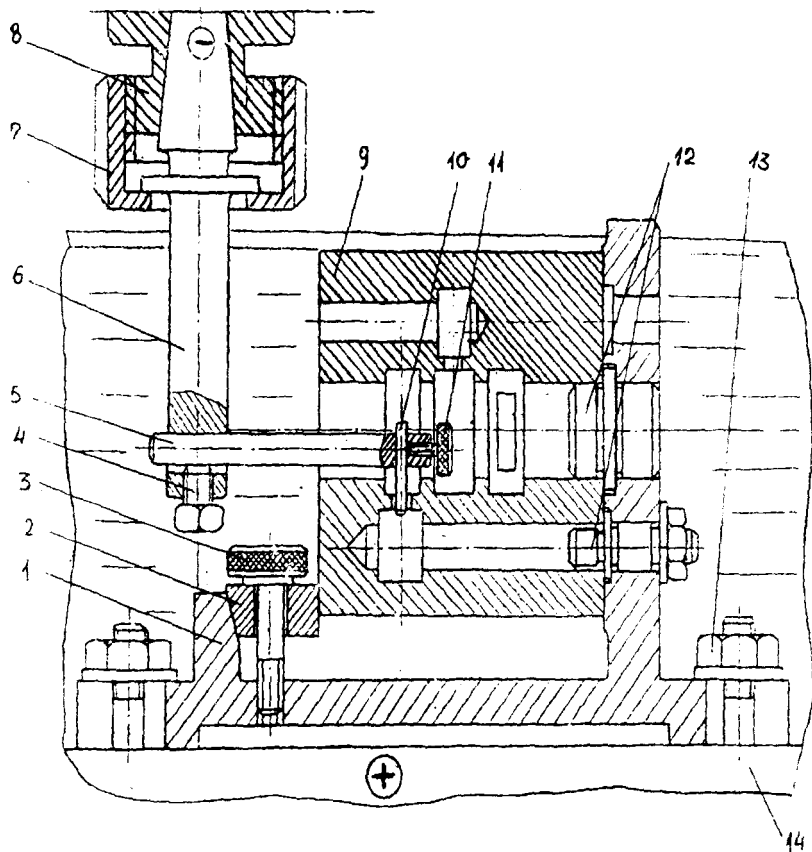


Рис. 10.4. Приспособление для электроэрозионной прошивки отверстий в труднодоступных местах

том числе и для прошивки отверстий); обработки профиля пера лопаток; обработки цилиндрических заготовок; удаления заусенцев; маркирования.

К приспособлениям для ЭХО, помимо основных требований, предъявляются и дополнительные:

высокая коррозионная стойкость элементов приспособлений, так как в процессе обработки основной причиной коррозии элементов является протекание на их поверхности окислительно-восстановительных процессов под действием рабочих растворов электролитов и электрического тока. Средствами защиты служат коррозионно-стойкие материалы, применяемые для изготовления элементов приспособлений, а также специальные защитные покрытия в виде керамики или пластмассы, наносимые на детали приспособлений;

обеспечение надежности токоподвода к заготовке. Выполнение этого требования часто осложняется из-за малой площади контактных поверхностей, низкой жесткости заготовки и значительным ее электросопротивлением;

повышение жесткости приспособления, так как при обработке силы, создаваемые гидродинамическим потоком электролита, достигают значительной величины. При недостаточной жесткости приспособления происходят отклонения взаимного положения электрода и заготовки, которые могут значительно снизить точность обработки и послужить причиной короткого замыкания.

Рассмотрим некоторые типовые конструкции приспособлений для ЭХО. На рис. 10.5 представлено приспособление для одновременной сквозной прошивки в заготовке четырех отверстий диаметром d . Основание приспособления 1 с помощью двух прихватов 15 закреплено на столе станка 16. Трубчатый электрод-инструмент 8 с нанесенной на его боковой поверхности изоляцией с помощью гайки 9 закреплен в электрододержателе 10. В электрододержателе закреплены две направляющие 3, с помощью которых происходит его центрирование относительно основания 1. По направляющим также центрируется прижим 4, выполненный из изоляционного материала и имеющий возможность перемещаться в осевом направлении относительно электрододержателя. Для этой цели служат винты 13 и пружина 6. Посадку в соединении направляющая — прижим обеспечивает втулка 5. Для исключения попадания электролита в подвижное соединение на втулке 5 закреплена резиновая манжета 7. Электрододержатель с помощью переходного фланца 11 закрепляется в шпинделе станка 12, который подключен к отрица-

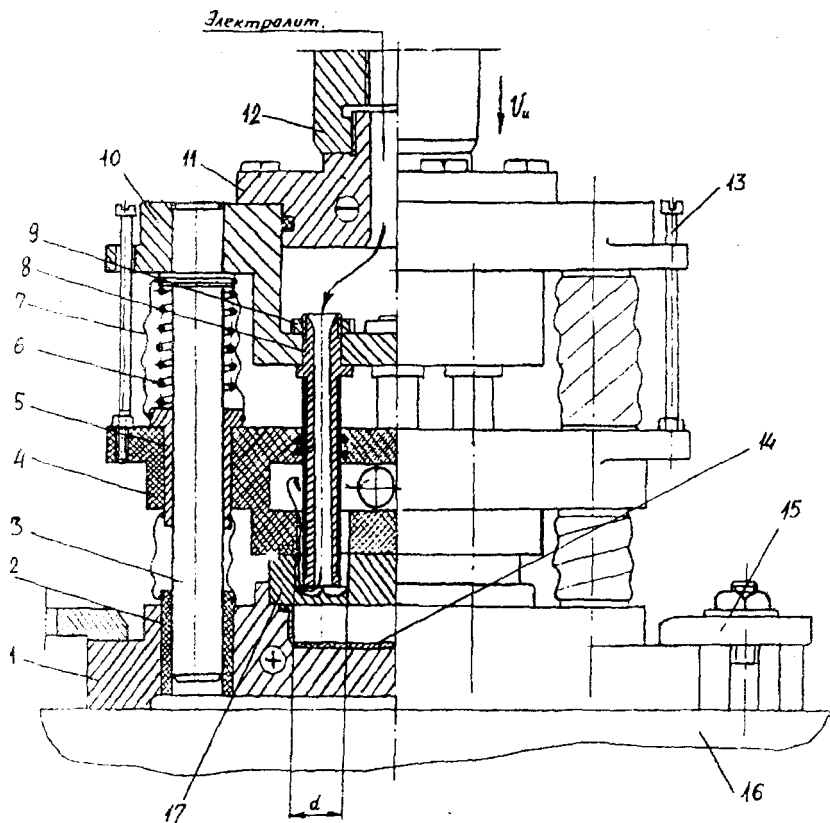


Рис. 10.5. Приспособление для электрохимической прошивки отверстий

тельному полюсу источника питания. В основании 1 установлены изоляционные втулки 2, по которым происходит центрирование направляющих и которые исключают короткое замыкание. Заготовка 17 базируется по выточке в основании 1 и закрепляется прижимом 4. Для повышения коррозионной стойкости приспособления на поверхность основания, расположенную под заготовкой, нанесено защитное покрытие 14.

При обработке электролит под давлением поступает через полный шпindelь станка в полость электрододержателя, а затем через ЭИ в зону обработки. Вынос продуктов анодного раствора осуществляется через внутреннюю полость прижима и далее в камеру станка. Обработка осуществляется с постоянной скоростью подачи ЭИ. Подключение заготовки к положительному полюсу источника питания осуществляется через основание 1 и стол станка 16.

Процесс снятия заусенцев и притупления острых кромок электрохимическим методом имеет значительное преимущество перед другими способами по причине его высокой производительности. Как правило, обработка выполняется на одно- или многоместных приспособлениях, содержащих элементы базирования и крепления заготовок, токоподводящие элементы, катоды, каналы для протока электролита, средства герметизации.

Приспособления для снятия заусенцев по конструкции могут быть открытого и закрытого типа. В первых электролит, пройдя через рабочую зону, сливается в ванну станка. В последнем случае электролит проходит в ванну через каналы приспособления. При этом образуется подпор электролита, что в большинстве случаев благоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности.

На рис. 10.6 представлено приспособление для электрохимического удаления заусенцев на выходной кромке отверстий. Обрабатываемая заготовка 8 представляет из себя втулку, в которой в радиальном направлении выполнены отверстия. На выходе отверстий наблюдаются заусенцы, удалить которые механическим путем сложно и трудоемко. Корпус приспособления 15 с помощью винтов 14 закреплен на основании 10, выполненном из изоляционного материала. Само основание закреплено на столе станка 12 болтами 11. В столе станка имеется отверстие для слива электролита. Обрабатываемая заготовка 8 устанавливается в корпус приспособления вместе с изоляционной втулкой 16, которая позволяет ориентировать заготовку в угловом положении. Для этой цели служат фиксатор 6, установленный во втулке, и штифт 7, расположенный на корпусе.

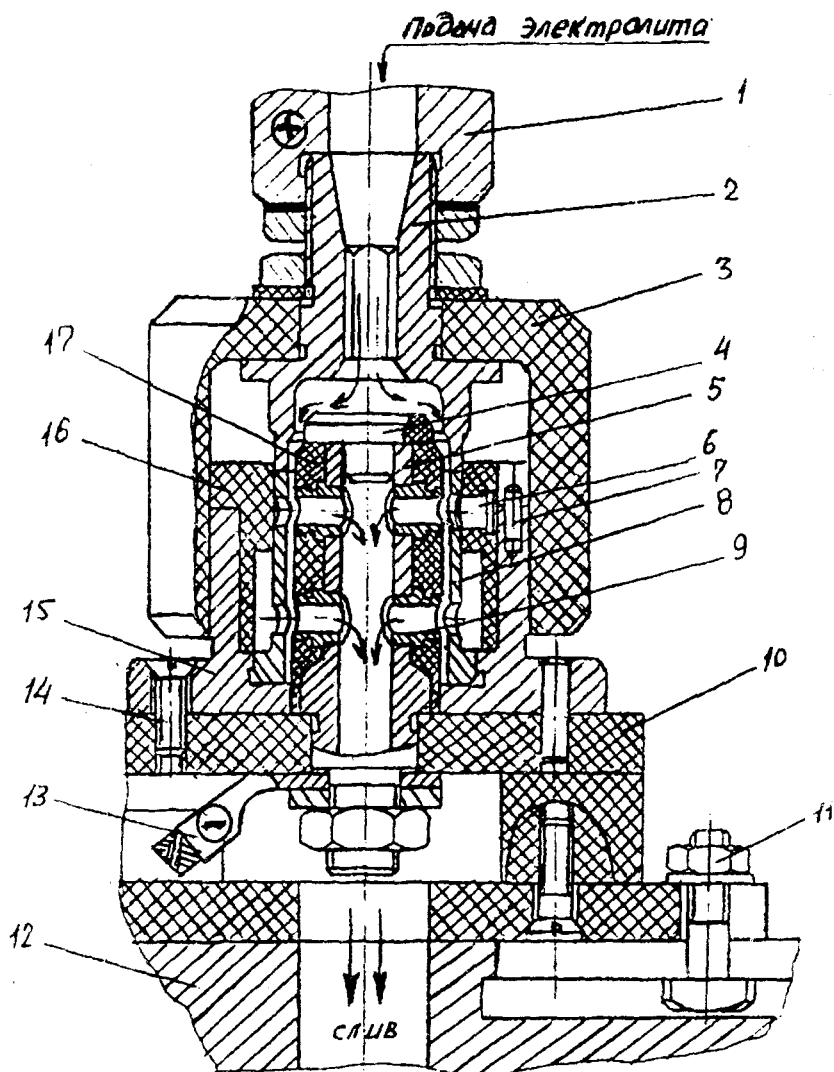


Рис. 10.6. Приспособление для электрохимического удаления заусенцев

В месте соединения со штифтом во втулке выполнен паз. Сверху на корпус 15 одевается крышка 3, выполненная из изоляционного материала и создающая герметичность в зоне обработки. Внутри крышки расположен токоподвод 2, который торцом упирается в заготовку, а резьбовым концом соединен со штуцером 1 для подачи электролита. Узел ЭИ представляет из себя трубчатый токоподвод 5, в котором установлены катоды 9 в виде трубок соответствующего диаметра. С наружной поверхности узел ЭИ покрыт изоляцией 17 таким образом, что не изолированными остаются только торцевые поверхности катодов 9. Для создания гидродинамического потока в зону обработки торец ЭИ закрыт заглушкой 4, выполненной из изоляционного материала. Подвод тока к катодам осуществляется через шину 13, которая закреплена внизу токоподвода.

Траектория движения электролита на чертеже показана стрелками.

10.3. Приспособления для сборки и сварки заготовок

Такие приспособления часто называют стапелями. Основная функция стапеля заключается в том, чтобы придать свариваемым частям полуфабриката геометрическую жесткость по тем параметрам, фиксирование которых является целью сварочной операции. Эту функцию выполняют установочные элементы стапеля, которые позволяют и обеспечить точность взаимного положения частей полуфабриката. Для сохранения установленного положения свариваемых частей полуфабриката и обеспечения неизменности заданных геометрических параметров в стапеле применяют зажимы.

С целью координации положения свариваемого элемента как по окружности, так и по длине относительно базовой части полуфабриката используются фиксаторы и делительные устройства. Следовательно, стапели, как и станочные приспособления, состоят из одинаковых групп элементов: установочные, зажимные, делительные, корпуса. Поэтому проектирование стапеля и станочного приспособления выполняется по единым правилам.

Стапели используются для сборки свариваемых частей и сварки полуфабриката, для сборки свариваемых частей и их прихватки при условии, когда невозможно осуществить полную сварку в этом стапеле или обеспечить высокую производительность операции. В последнем случае полуфабрикат после сборки и прихватки передается на следующую операцию, там его устанавливают в сварочный стапель (приспособление) и производят полную сварку.

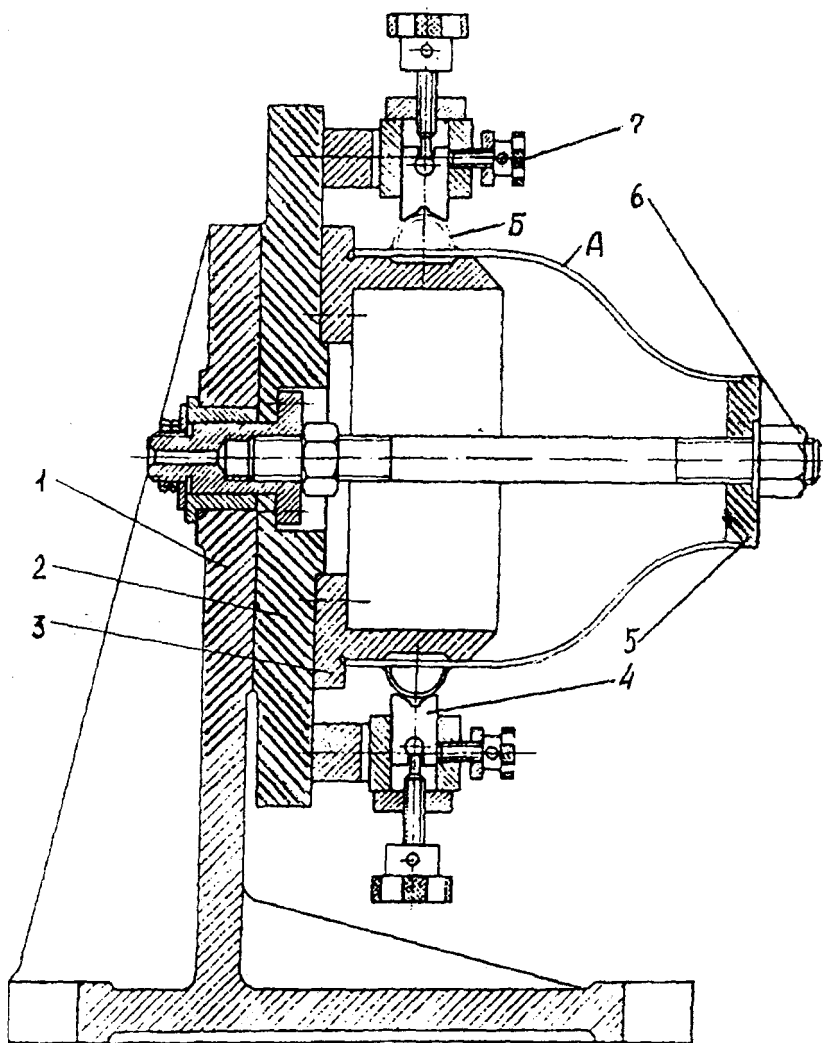


Рис. 10.7. Приспособление-стапель для сборки и прихватки

На рис. 10.7 показан стапель для сборки и прихватки. На корпусе 1 смонтирован поворотный диск 2, на котором расположены установочный палец 3 и установочные подвижные призмы 4. Операция выполняется в такой последовательности: свариваемая базовая часть полуфабриката А устанавливается на палец 3 и через шайбу 5 закрепляется гайкой 6. На базовую часть А надевается вторая свариваемая часть Б, которая с помощью подвижных призм 4 занимает строго определенное положение и прижимается к базовой части А. После этого с целью достижения большей жесткости призмы 4 зажимаются в установленном положении винтами 7. Затем осуществляют прихватку в нескольких точках по окружности. Для полной сварки полуфабрикат передается на следующую сварочную операцию.

Вопросы для самоконтроля:

1. К какому методу обработки относятся электроэрозионная и электрохимическая обработки?
2. Какие особые требования предъявляются к приспособлениям для ЭЗО?
3. В чем специфика приспособлений для ЭХО?
4. Как называются приспособления для сборки и сварки заготовок и их особенности?

Глава 11. Методика проектирования приспособлений

11.1. Исходные данные для проектирования

Работа конструктора приспособлений тесно связана с работой технолога. Технолог, разрабатывая технологический процесс изготовления детали, оформляет операционные карты и эскизы, в которых указывает схему установки обрабатываемой заготовки, т. е. ее базирование и закрепление, последовательность обработки поверхностей (переходы), точность выполняемых геометрических параметров, название и вид приспособления, применяемый станок, массу и материал заготовки, режим резания. Все эти данные позволяют определить принципиальную схему предполагаемого приспособления. На основании операционных карт технолог составляет задание (заказ) на проектирование приспособления.

Конструктор по приспособлениям претворяет замысел технолога в реальную конструкцию. При этом, сохраняя принципиальную схему, предложенную технологом, конструктор разрабатывает и анализирует различные варианты конструкций приспособлений и выбирает из них наиболее оптимальный, отве-

чающий всем требованиям выполнения операции. Этот вариант согласовывается с заказчиком, и после этого оформляются рабочие чертежи общего вида конструкции и деталей.

Для проектирования приспособления конструктор должен иметь все исходные материалы: рабочие чертежи детали и исходной заготовки; операционную карту с эскизом обрабатываемой заготовки на данной операции со схемой базирования и закрепления; операционные карты предшествующих операций, в которых обрабатывались базовые поверхности и поверхности, используемые для закрепления заготовки на данной операции; годовую программу выпуска деталей; данные станка, для которого проектируется приспособление.

Кроме этих данных конструктор должен иметь вспомогательные материалы: альбомы типовых конструкций универсальных, специализированных и специальных приспособлений, стандартизованных силовых приводов, механизмов и элементов приспособлений, сведения о форме и размерах посадочных мест станков, на которых устанавливаются и закрепляются приспособления, о применяемых конструкционных материалах для изготовления деталей приспособлений, а также технические руководящие материалы, справочники, учебные пособия, необходимые для выполнения технико-экономических расчетов по обоснованию проектируемого приспособления.

Проектирование осуществляется в следующей последовательности:

- 1) изучаются исходные материалы и разрабатываются варианты конструктивных схем приспособления;
- 2) выполняются технико-экономические расчеты по обоснованию оптимального варианта приспособления;
- 3) разрабатывается конструкция оптимального варианта приспособления.

11.2. Изучение исходных материалов и разработка вариантов конструктивных схем приспособлений

Большое значение имеет глубокое изучение операционной карты на выполнение данной операции, по которой конструктор выясняет схему установки, точностные и другие требования к обработке, последовательность переходов, материал заготовки, режимы резания и т. п. В дополнение к этому необходимо знать форму, размеры, точность, жесткость и расположение базовых поверхностей и мест крепления заготовки в данной операции. Важность этих знаний совершенно очевидны, так как все эти качественные характеристики существенно влияют на

правильность выборов установочных, зажимных элементов и всей конструкции приспособления. Например, погрешность установки имеет прямую связь с точностью базовых поверхностей; малая протяженность базовых поверхностей требует особых конструктивных решений, чтобы обеспечить правильность и надежность установки заготовки; малая жесткость или малая площадь поверхностей, предназначенных для закрепления заготовки, требуют от конструктора проведения расчетов по определению величины деформации поверхностей под действием сил зажима и надежности закрепления; если полученные результаты не удовлетворяют условиям работы, то возникает необходимость создания дополнительных устройств для закрепления заготовки. Подробные данные о базовых поверхностях и местах закрепления заготовки можно получить из операционных карт предшествующих операций, по которым эти поверхности обрабатывались. Знание годовой программы выпуска деталей и трудоемкость операции позволяет конструктору хотя бы ориентировочно определить производительность и наметить уровень механизации и автоматизации проектируемого приспособления.

На основе изучения исходных материалов и типовых конструкций конструктор разрабатывает варианты конструктивных схем приспособлений. При этом он, сохраняя общую схему прототипа приспособления, изменяет конструкции отдельных элементов или создает совершенно иные схемы вариантов конструкций приспособлений.

11.3. Техничко-экономические расчеты

Технические и экономические расчеты позволяют всесторонне оценить предлагаемые варианты конструкций приспособлений и на основании этого выбрать из них наиболее оптимальный. В технические входят расчеты на точность выполняемых геометрических параметров заготовок и надежность их закрепления в приспособлениях. Экономические расчеты связаны с оценкой целесообразности применения данного приспособления и определения его производительности. Расчеты начинают с оценки приспособления на точность. Если приспособление не удовлетворяет по точности обработки, то этот вариант не пригоден для производства.

Расчет приспособления на точность. При расчете приспособления на точность главное значение для конструктора приспособлений является определение погрешности установки заготовки. Погрешность ω_y зависит в основном от вы-

бора и точности установочных баз заготовки, конструкции установочных элементов, точности и износа установочных и других элементов приспособления, которые оказывают влияние на погрешность установки. Погрешность установки ω_y складывается из составляющих: погрешности базирования ω_b , закрепления ω_z , изготовления и износа приспособления $\omega_{пр}$. Расчет осуществляется по методике и примерам, изложенным в главе 2.

Следует иметь в виду, что обычно в операции обрабатывается несколько поверхностей заготовки, а следовательно, выдерживается несколько геометрических параметров. Поэтому расчет погрешности установки заготовки в приспособлении ведется для выполнения каждого параметра обрабатываемой заготовки.

Иногда при укрупненных расчетах на точность обработки погрешность установки в универсальных приспособлениях (патронах, оправках, тисках) можно определить по статистическим данным. Все варианты приспособлений, которые удовлетворяют требованиям точности обработки заготовки, должны быть проверены экономическими расчетами.

Расчет надежности закрепления заготовки. Для укрепления заготовок применяют различные зажимные устройства (зажимы). При выборе зажима необходимо прежде всего учитывать условия надежности закрепления заготовки, т. е. обеспечить, чтобы заготовка в процессе обработки под действием всех сил и моментов не смогла сдвинуться с установленного положения, повернуться или вырваться из зажимного устройства. Решая эту задачу, выбирают направление и точки приложения силы зажима, а затем определяют требуемую силу. Для упрощения расчета требуемой силы зажима заготовки в приспособлении принимают, что обработка осуществляется при установившемся процессе резания, и система приспособление — заготовка является жесткой. С учетом этого решается статистическая задача из условия равновесия твердого тела, находящегося под действием всех приложенных сил и моментов: резания, инерции, массы заготовки, зажима, трения в местах контакта заготовки с опорными и с зажимными элементами приспособления. Расчетную схему необходимо составлять для наиболее неблагоприятного местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности заготовки.

В большинстве случаев при расчете требуемой силы зажима заготовки учитывают только силы и моменты, возникающие в процессе резания. Значение этих сил и моментов определя-

ют расчетным путем по формулам теории резания. Однако в процессе обработки действительные силы резания могут существенно отличаться от расчетных вследствие колебания механических свойств самого материала, наклепа и поверхностной корки заготовок, притупления режущего инструмента, неравномерности снимаемого припуска. Кроме того, при принятой схеме расчета потребной силы зажима возможны различные состояния контакта (смятие поверхностей, наличие смазки, различная шероховатость и т. п.) между опорными поверхностями приспособления и заготовкой, заготовкой и зажимом.

Все эти изменения сил резания и состояния контакта расчетным путем учесть невозможно. Поэтому в практических расчетах величину силы резания, найденную расчетным путем, умножают на коэффициент надежности закрепления K , который выбирают равным 1,5...2,5, причем меньшие значения принимаются для чистовой обработки, большие — для черновой. Следовательно, расчет потребной силы зажима заготовки производят с учетом коэффициента надежности закрепления. (Методику расчета и примеры см. в гл. 3).

В тех случаях, когда обработка заготовки осуществляется с большой частотой вращения (более 2000 мин^{-1}), учитывают центробежные силы.

После определения потребной силы закрепления заготовки производят окончательный выбор конструкции зажимного устройства и привода.

Экономическое обоснование применения приспособления. Целесообразность применения приспособлений должна быть экономически оправдана. Расчеты экономической эффективности основываются на сопоставлении годовых затрат и экономии. Затраты слагаются из расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособления, а экономия достигается за счет снижения себестоимости обработки заготовок на данной операции в результате уменьшения трудоемкости, а иногда и разряда работы. Применение приспособления считается целесообразным, если годовая экономия больше, чем годовые затраты, связанные с ним. При сравнении экономии от применения приспособления с затратами на его изготовление и эксплуатацию условие эффективного использования приспособления выражается формулой $\mathcal{E} \geq P$, где \mathcal{E} — ожидаемая экономия от применения приспособления в год; P — затраты на приспособление в год.

Ожидаемая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (t_{ш} - t_{ш}^n) a_m \cdot N, \quad (11.1)$$

где $t_{ш}$ — штучно-калькуляционное время выполнения операции без специального приспособления, мин; $t''_{ш}$ — ожидаемое штучно-калькуляционное время на операцию после внедрения проектируемого приспособления, мин; a_m — себестоимость одной станко-минуты, руб/мин; N — планируемая годовая программа, шт.

При проектировании обычно приходится сопоставлять экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для данной операции и выбирать из них наиболее выгодный. Поэтому учитывают только те элементы себестоимости обработки, которые зависят от конструкции приспособления.

Экономическая целесообразность сравниваемых вариантов приспособлений определяется как:

$$P_1 - P_2 \leq \left[\left(\frac{P_{y1}}{n} + 3z_1 \right) - \left(\frac{P_{y2}}{n} + 3z_2 \right) \right] N, \quad (11.2)$$

где P — годовые затраты на приспособление (индексы 1 и 2 относятся к вариантам приспособлений); P_y — разовые расходы на установку приспособления на станок; n — число заготовок в партии; z — заработная плата производственного рабочего по штучно-калькуляционному времени, т. е. произведение часовой заработной платы на норму штучного времени.

Годовые затраты на специальное приспособление

$$P = C(1 + K_n) \left(\frac{1}{C_{сл}} + K_э \right), \quad (11.3)$$

где C — стоимость приспособления; K_n — коэффициент проектирования ($K_n = 0,3$); $K_э$ — коэффициент эксплуатации ($K_э = 0,2 \dots 0,3$); $C_{сл}$ — срок службы приспособления (для простого приспособления — два года, для приспособления средней сложности — три года, для сложного приспособления — пять лет).

Как видно из формулы (11.3), для определения годовых затрат необходимо знать стоимость приспособления C . Поскольку экономический расчет делается в начальный период проектирования, т. е. когда разработана только конструктивная схема, то точно определить стоимость приспособления невозможно. Поэтому применяют приближенный метод расчета, в основу которого положены средняя статистическая стоимость для каждой группы сложности приспособлений.

На основании экономического расчета выбирается оптимальный вариант приспособлений, который дает большой экономический эффект. Этот вариант окончательно разрабатывается в виде конструкции приспособления.

11.4. Разработка и оформление общего вида конструкции приспособления

Разработка конструкции приспособления выполняется в определенной последовательности. Обычно сначала тонкими линиями вычерчивается контур обрабатываемой заготовки в требуемом количестве проекций. Проекция располагают на таком расстоянии друг от друга, чтобы было достаточно места для размещения на них соответствующих элементов приспособления. Затем к проекциям заготовки вычерчивают установочные и зажимные элементы, а если приспособление имеет направляющие или делительные элементы, то их тоже наносят на чертеж. После этого оформляют конструкцию корпуса приспособления. При создании корпуса необходимо стремиться к более простой конструкции, чтобы изготавливать его можно было из стандартных заготовок. Затем вычерчивают вспомогательные и другие недостающие детали.

Общий вид приспособления изображается в рабочем положении, на нем даются все необходимые проекции, сечения и разрезы, позволяющие полностью представить конструкцию всех элементов приспособления и их взаимосвязь.

При разработке конструкции стремятся как можно больше использовать стандартизованных и унифицированных деталей и узлов. Это позволяет сократить трудоемкость проектирования примерно на 25% и уменьшить стоимость изготовления приспособления на 20 — 30%. Размеры и форма оригинальных деталей приспособления определяются на основании прочностных расчетов или выбираются из конструктивных соображений.

Общий вид приспособления вычерчивается, как правило, в масштабе 1:1. На нем проставляются габаритные, координирующие, посадочные размеры, размеры направляющих элементов и размеры поверхностей, связывающих приспособление со станком. Кроме того, назначаются технические требования, которые определяют точность сборки приспособления и его монтажа на станке, условия эксплуатации, сроки контроля точностных параметров приспособления и другое.

При выборе конструкционного материала руководствуются общими положениями, которые основываются в первую очередь на том, что механические свойства материала должны соответствовать условиям работы детали в приспособлении.

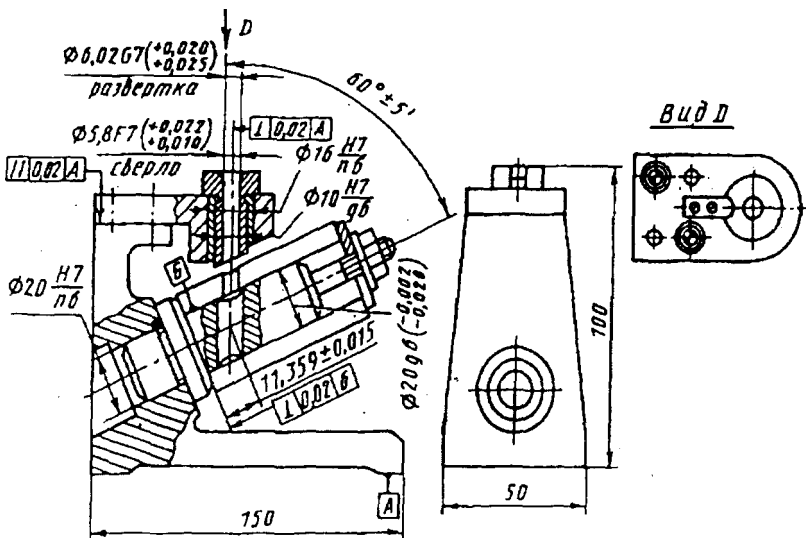


Рис. 11.1. Пример оформления общего вида специального приспособления

11.5. Основные понятия об автоматизации проектирования приспособлений

В общей постановке задачи предусматривается автоматизация выбора схемы и проектирования приспособления. Создание автоматизированной системы проектирования приспособлений основано на базе типовых проектных решений и стандартизации и унификации элементов приспособлений, описание которых находится в памяти ЭВМ. В состав банка данных ЭВМ входит обширная постоянная информация, включающая конструкции аналогов, типовые методики расчета, конструктивные решения, стандартные и унифицированные элементы приспособлений, каталог сведений об оборудовании, нормативно-справочные материалы, данные об условиях производства и др. Вся эта информация соответствующим образом закодирована.

Автоматизированное проектирование приспособлений представляет собой процесс алгоритмического синтеза конструктивных элементов. Конструкция приспособления рассматривается как множество пространственно упорядоченных и метрически определенных конструктивных элементов, каждый из которых обладает конкретными геометрическими, технологическими, функциональными и другими свойствами. Совокупность свойств конструкции приспособлений можно представить с помощью информационной модели, минимальная форма которой может быть показана в следующем виде [17]:

$$\bar{K} = \{\bar{\Theta}_i, \bar{\Psi}_i, \bar{V}_i\}_{m_i=1}^m,$$

где $\bar{\Theta}_i$ — код конструктивного элемента, моделирующий всю полноту его свойства; $\bar{\Psi}_i$ — вектор пространственного расположения элемента; \bar{V}_i — вектор метрических характеристик элемента.

Информационная модель конструкции определяет состав и структуру проектируемого приспособления. В ней содержатся сведения как об элементах и их свойствах, так и об их взаимных расположениях и связях. Последние характеризуются векторами $\bar{\Psi}_i$, а также функциональными взаимосвязями (установочных, зажимных, направляющих, делительных, корпусных и др. элементов), содержащимися в кодах элементов. Это позволяет легко установить переход от модели к представлению конструкции в любой форме.

Отправным пунктом автоматизированного проектирования приспособлений является система исходных данных, т. е. система параметров аргументов, функцией которых является алгоритмически определяемая конструкция. Совокупность этих параметров

можно однозначно задать с помощью системы кодирования исходной информации. Исходная информация должна содержать полные сведения: задание на проектирование, на конструкцию детали, об обрабатываемой заготовке, о выполнении операции, о программе выпуска, о данных станка. Следует заметить, что если при традиционном проектировании конструктор решает многие вопросы интуитивно, без расчета вариантов, так как выбор того или иного решения, варианта для него очевиден, то при автоматизированном проектировании требуется полная формализация расчета всех возможных вариантов и выбора из них оптимального. Поэтому исходная информация должна полностью отражать все стороны процесса обрабатываемой заготовки, для которой проектируется приспособление.

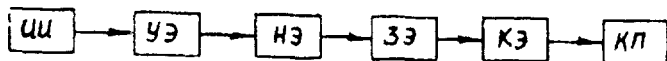


Рис. 11.2. Схема алгоритмического проектирования кондуктора ИИ — ввод исходной информации; УЭ, НЭ, ЗЭ, КЭ — установочные направляющие, зажимные, корпусные элементы; КП — конструкция приспособления, оформленная на чертежно-графическом автомате

Процесс САПР приспособлений можно разделить на ряд последовательно выполняемых этапов. При этом на каждом этапе предусматривается проектирование одной из функциональных групп элементов, составляющих приспособление. На рис. 11.2 представлена схема последовательного проектирования кондуктора. Автоматизация проектирования может осуществляться: в машинном режиме, по жестким алгоритмам; человеко-машинном (диалоговом) режиме.

При **машинном** режиме весь процесс проектирования осуществляет машина. В основе проектирования лежит моделирование процессов и объектов конструирования. При этом используются типовые конструкторские и унифицированные элементы приспособлений. Первые работы в области автоматизации проектирования были выполнены в 60-х годах в Белорусской АН под руководством проф. Г. К. Горанского. В последующие годы эти работы получили дальнейшее развитие в ряде наших организаций и за рубежом. При машинном проектировании на ЭВМ решаются частные и общие задачи. К первым относятся расчеты погрешностей установки, надежности закрепления заготовки, размеров зажим-

ных устройств, экономического обоснования применения приспособления. Ко вторым относятся задачи конструирования приспособлений в целом.

Для конструирования создан ряд систем, которые внедрены на отдельных заводах. К ним относятся: система «Кондуктор», применяемая для конструирования простых сверлильных приспособлений, система «Токар» для конструирования приспособлений типа оправок для токарной обработки заготовок и другие системы. Эти системы базируются на использовании типовых конструктивных решений и определенных ограничениях исходных данных. Таким образом, область применения систем весьма ограничена, и они используются для проектирования простых типов приспособлений.

В современном производстве широко используются разнообразные более сложные нетипичные и специальные приспособления. Однако для их машинного проектирования не разработаны системы. Это объясняется рядом причин: большой сложностью решаемых задач и отсутствие для этого научной базы, трудностями формализации процесса проектирования. Кроме того, разработка таких систем потребует больших затрат, и может оказаться, что они экономически нецелесообразны.

Поэтому машинное проектирование применяется весьма ограниченно и имеет малые возможности для дальнейшего развития.

При **человеко-машинном** режиме процесс проектирования выполняется в форме диалога между конструктором и ЭВМ. В этом процессе главным является конструктор, а машина — вспомогательным устройством, она выполняет рутинную работу конструктора. ЭВМ выводит на экран дисплея проектную ситуацию, а конструктор дает визуальную оценку, а затем вносит необходимые коррективы, т. е. изменяет или вносит новые конструктивные решения, уточняет форму и размеры элементов и доводит конструкцию приспособления до окончательного завершения. Развитию этого метода конструирования приспособлений способствовало то, что в последние годы создано большое количество разнообразных персональных компьютеров (ПЭВМ), они компактны, удобны и устанавливаются на рабочем месте. Компьютеры, снабженные соответствующим матобеспечением для чертежно-конструкторских работ, используются для проектирования приспособлений. В основу всех систем положены графические редакторы. Для чертежно-конструкторских работ разработано несколько систем как отечественных (CHERRI, КОМПАС), так и зарубежных SIMATRON — Израиль, AUTCAD и KATTA — США).

Проектирование на персональных компьютерах позволяет выполнять более сложные и нетипичные конструкции приспособле-

ния, различные по структуре и по назначению. При этом снижение трудоемкости достигается в 3—5 раз, а также уменьшаются стоимость и срок проектирования. Проектирование в диалоговом режиме на ПЭВМ имеет большую перспективу развития.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что является исходными данными для проектирования приспособления?
2. Как осуществляется расчет приспособления на точность?
3. Какова методика экономического расчета приспособления?
4. Какой порядок оформления общего вида чертежа приспособления?

Раздел Б. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Вспомогательный инструмент (ВИ) входит в комплект технологической оснастки, предназначенной для выполнения определенной операции при обработке заготовки. Вспомогательным инструментом принято называть различные приспособления (устройства), с помощью которых обеспечивается правильная установка и закрепление режущего инструмента на рабочем органе станка (суппорте, револьверной головке, шпинделе).

Вспомогательный инструмент весьма разнообразен по конструкции и применению. Он часто используется не только по основному назначению, но и для размерной настройки и поднастройки станка, для предохранения режущего инструмента от поломки, для осуществления дополнительной рабочей подачи и других целей. В этих случаях в конструкциях ВИ предусматриваются специальные устройства (механизмы), выполняющие указанные цели.

Настройка на заданный размер обработки может осуществляться двумя способами: вне станка, т. е. до установки режущего инструмента на станок, и непосредственно на станке. При первом способе ВИ устанавливают в специальное мерительное приспособление, в котором режущий инструмент точно выставляется на заданный размер, а затем ВИ с закрепленным в нем режущим инструментом устанавливается на станке. Этот способ широко применяется для настройки станков с ЧПУ. При втором способе настройку осуществляют непосредственно на станке. Для сокращения времени настройки применяют ВИ с регулирующим устройством, с помощью которого с заданной точностью выставляют режущий инструмент на размер обработки. Регулирующее

устройство часто используют и для поднастройки станка, если необходимо компенсировать износ режущего инструмента (например, резца). Вспомогательный инструмент является промежуточным звеном между старком и режущим инструментом и в большинстве случаев оказывает существенное влияние на реализацию технологических возможностей станка: точность, качество и производительность обработки, а также уровень механизации и автоматизации выполнения данной операции.

На точность обработки заготовки непосредственное влияние оказывают точность и жесткость ВИ. Неточность изготовления ВИ приводит к смещению расположения режущего инструмента при установке на станке, а это вызывает погрешности формы и размера обрабатываемой заготовки. В то же время недостаточная жесткость и виброустойчивость ВИ оказывают влияние не только на точность, но и на качество обрабатываемой поверхности заготовки и на стойкость режущего инструмента. Повышение производительности можно достичь за счет рационального использования ВИ. Например, применение быстросменного ВИ позволит сократить время на настройку станка, на смену режущего инструмента, на поднастройку и переналадку станка в 3...5 раз. Использование ВИ для закрепления нескольких режущих инструментов позволяет осуществлять многоинструментальную обработку, что значительно сокращает машинное и вспомогательное время обработки, а следовательно, повышает производительности. Таким образом, использование современного ВИ обеспечивает качественную и экономичную обработку заготовок.

Обычно необходимый комплект ВИ прилагается к станку, однако в некоторых случаях, особенно в производстве авиационных двигателей, создают специальные прогрессивные конструкции ВИ, с помощью которого совершенствуют выполнение сложных технологических операций. Номенклатура вспомогательного инструмента весьма обширна и разнообразна, он различается по назначению, видам, конструкции и разделяется на группы, подгруппы, типы и типоразмеры. Каждый ВИ имеет свой индекс.

Выбор ВИ осуществляется применительно к конкретной технологической операции, для выполнения которой уже определен станок и режущий инструмент для каждого перехода операции. При этом необходимо согласовать установочные поверхности и элементы крепления ВИ с соответствующими посадочными местами станка и размерами режущего инструмента. Технолог при разработке технологической операции стремится выбрать такой ВИ, который должен: соответствовать режущему инструменту и станку; обеспечивать заданное расположение и надежное закрепление режущего инструмента; обеспечивать быструю установку и

замену режущего инструмента; позволять удобное размещение всех устанавливаемых режущих инструментов; по своим точности, жесткости и прочности удовлетворять требованиям выполнения операции; при необходимости позволять применение многоинструментальной обработки. Индекс выбранного ВИ технолог указывает в операционной технологической карте.

Рассмотрим некоторые типовые конструкции ВИ, которые применяются для определенных групп станков. При этом следует иметь в виду, что ряд конструкций ВИ по своим характеристикам может применяться на 2...3 группах станков.

Глава 12. Вспомогательный инструмент для универсальных металлорежущих станков

12.1. Вспомогательный инструмент для станков токарной группы

Станки токарной группы наиболее распространены в производстве авиационных двигателей, к ним относятся: токарные, револьверные, токарные автоматы и полуавтоматы и др., предназначенные для обработки поверхностей заготовок тел вращения. При этой обработке используют разнообразные режущие инструменты: резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики и др. Для установки и закрепления резцов применяют различные державки: одноместные и многоместные, простые и комбинированные, регулируемые и нерегулируемые и др., а сверла, зенкеры, развертки, метчики закрепляют в переходных втулках и различных патронах.

Из всех станков токарной группы наиболее сложные наладки осуществляются на револьверных станках, так как на них выполняется многопереходная обработка поверхностей разных заготовок, а поэтому требуется большое количество разнообразного ВИ. Что касается остальных станков токарной группы, то применяемый для них ВИ полностью входит в группы общей классификации и по своей конструкции мало отличается от ВИ, используемого на револьверных станках. Поэтому методически целесообразно рассматривать назначение и конструкции ВИ, имеющего общее применение для станков токарной группы.

На заводах широко используются револьверные станки с вертикальной или горизонтальной осью вращения револьверной головки. В зависимости от этого ВИ закрепляется на головках различными способами.

На револьверных станках с вертикальной осью вращения имеются головки круглой или шестигранной формы. В центре каждой грани головки есть точное базовое отверстие, ось которого совпадает с осью шпинделя станка, и четыре отверстия под крепежные винты. Обычно ВИ на этих головках закрепляется на жестких стойках, которые являются промежуточным звеном между револьверной головкой и ВИ. Стойки своим центрирующим пояском точно базируются в отверстие головки, а своим фланцем надежно прижимаются к граням головки с помощью четырех винтов. Стойки могут быть одноместные или многоместные, на них размещаются один или несколько ВИ. На этих станках кроме головки имеется и поперечный суппорт, на котором закрепляются резцы непосредственно или с помощью державок. На рис. 12.1 показана одна позиция наладки револьверной головки 6, в которой установлена многоместная стойка 5, на ней размещены

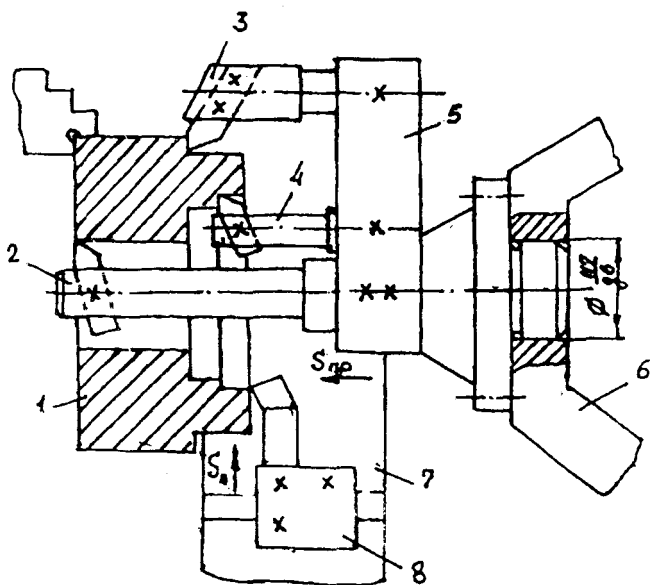


Рис. 12.1. Схема наладки одной позиции револьверной головки с вертикальной осью вращения

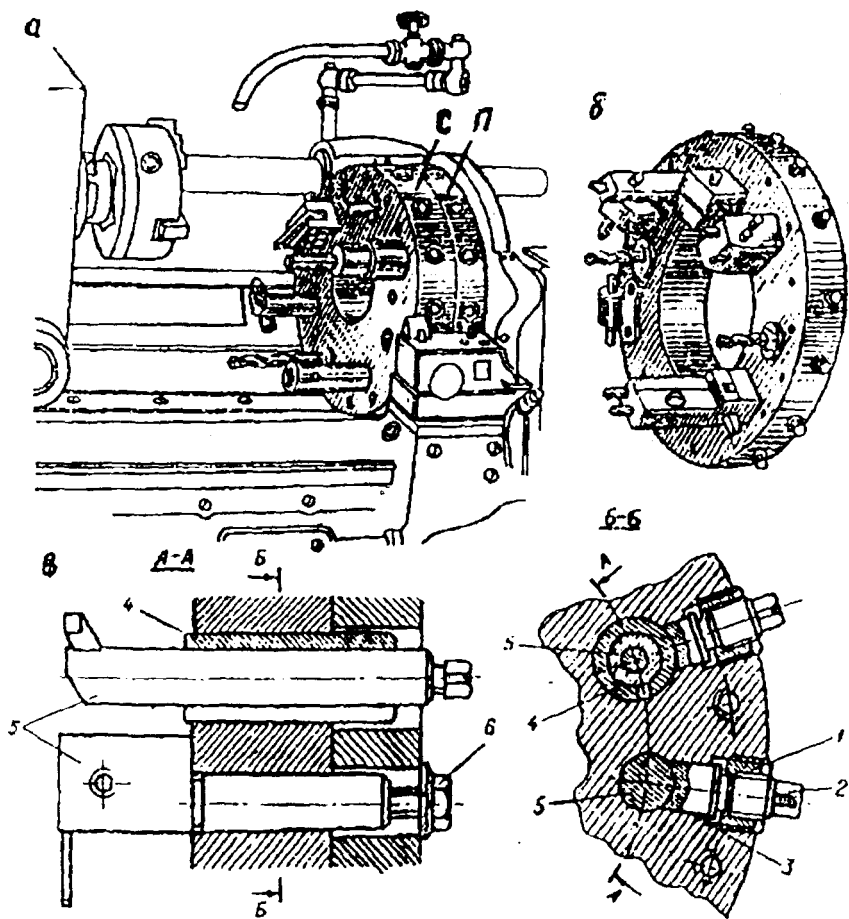


Рис. 12.2. Наладка револьверного станка (а), настройка съемной части головки (б) и крепление державки в головке (в)

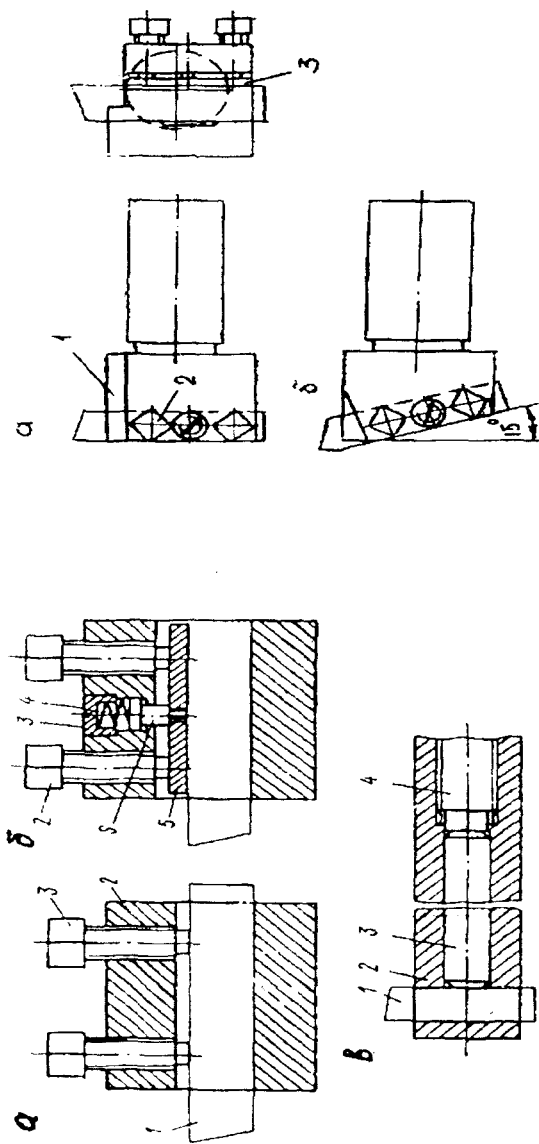


Рис. 12.3. Конструкция зажимной части резцовых державок.

Рис. 12.4. Однорезцовые державки с прямым (а) и косым расположением реза (б)

расточные державки 2 и 4, державка 3 с резцом для обточки поверхности заготовки 1. На поперечном суппорте 7 закреплена державка 8 с подрезным резцом.

На револьверных станках с горизонтальной осью вращения головки имеют 12 или 16 гнезд под вспомогательные инструменты, которые располагаются параллельно оси вращения головки по окружности одного диаметра. У некоторых моделей револьверных станков головки состоят из двух частей: постоянной и съемной. Наличие съемной части головки позволяет выполнять на ней установку ВИ и настройку режущих инструментов вне станка. Затем съемная головка устанавливается на постоянную головку и закрепляется. Это позволяет быстро осуществлять переналадку револьверного станка.

На рис. 12.2,а изображена съемная (С) и постоянная часть головки (П), на рис. 12.2,б — съемная головка с комплектом инструментов, а на рис. 12.2,в показано закрепление державок 5 в головке винтами 2 через вкладыши 3. Если диаметр хвостовика державки меньше диаметра отверстия в головке, то зажим осуществляется через пружинящую разрезную втулку 4. Некоторые державки дополнительно закрепляют болтом 6. Резьбовые втулки 1 имеют наружную и внутреннюю резьбу и могут быть заменены при изнашивании внутренней резьбы.

Рассмотрим некоторые конструкции державок. В зажимной части державки 2 (рис. 12.3,а) резец непосредственно закрепляется в гнезде винтами 3. Такая державка проста по конструкции, она обеспечивает надежный и жесткий зажим. Однако в ней точная настройка резца весьма затруднительна, так как при зажиме резец смещается и кроме этого на поверхности резца появляются лунки и вмятины. На рис. 12.3,б зажим резца осуществляется через промежуточную подпружиненную планку 5, которая установлена на винте 6 и при помощи пружины 4 и гайки 3 прижимается к резцу. При таком зажиме исключается смещение резца и его повреждение. В державке 2 (рис. 12.3,в) резец 1 закрепляется через стержень 3 винтом 4.

Нерегулируемая однорезцовая державка приведена на рис. 12.4, в ней резец закрепляется винтами 2 через подпружиненную планку 3. Державки могут быть с прямым и косым расположением резца. Для правильного базирования поверхность державки имеет плоскость А.

Многорезцовые державки используют для установки как в револьверной головке, так и на суппорте для закрепления двух и более резцов, которые могут производить одновременную обточку или расточку ступенчатых поверхностей заготовки. В державке 1

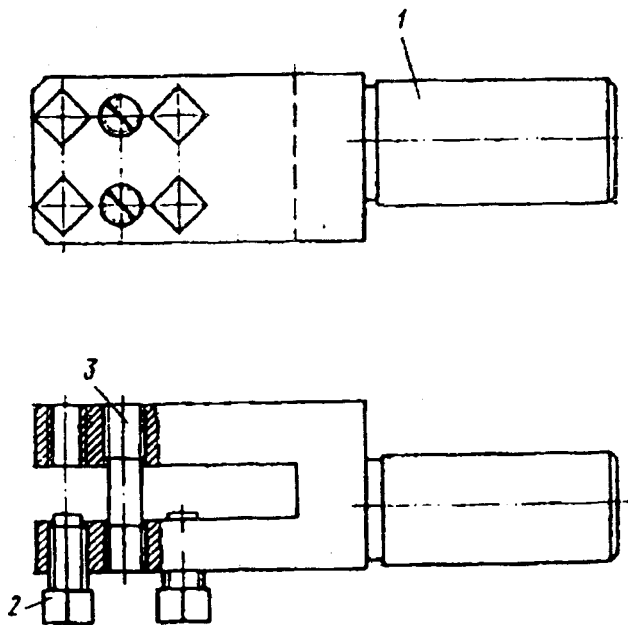


Рис. 12.5. Многорезцовая державка

(рис. 12.5) закрепляют два резца винтами 2. Для придания большей жесткости зажимной части в державке установлены стягивающие (блуждающие) шпильки 3.

На рис. 12.6 дана конструкция комбинированной державки, которая применяется на револьверных станках с вертикальной осью вращения головки, в ней расположены сверло и резец. Державка хвостовиком 1 закрепляется в одностойной стойке, соединенной с револьверной головкой. Сверло зажимается винтом 2 через разрезную втулку 8, а резец устанавливается на клиновую опору 3 и зажимается винтами 7 через подпружиненную планку. Регулировка резца по высоте осуществляется путем передвижения клиновой опоры 3 с помощью винта 6. Планка 5, прижатая к корпусу винтами 4, направляет и удерживает клиновую опору от бокового смещения.

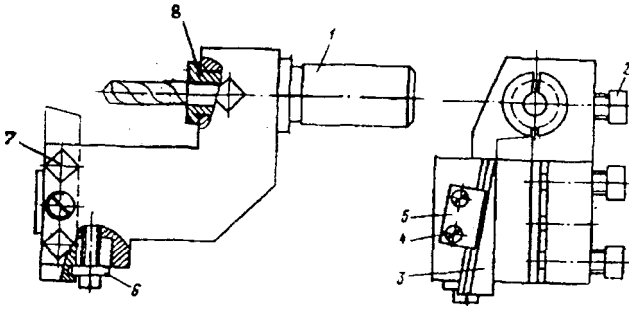


Рис. 12.6. Комбинированная державка

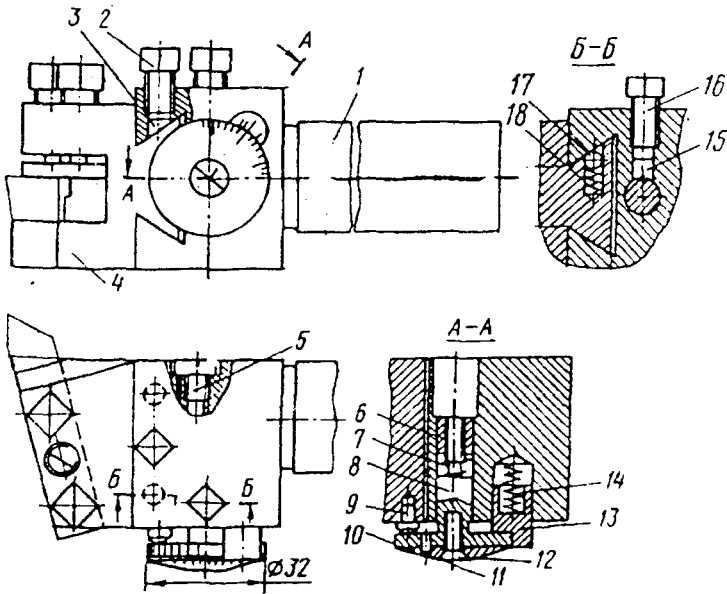


Рис. 12.7. Регулируемая резцовая державка с подвижной кареткой

Настройка револьверных станков, особенно для чистовой или окончательной обработки поверхностей заготовок, представляет большие сложности. Для сокращения времени и повышения точности настройки применяют регулируемые резцовые державки, которые различаются по конструкции и точности регулирования резца. На рис. 12.7 представлена наиболее совершенная державка, обеспечивающая высокую точность регулирования резца порядка 0,002...0,004 мм.

В корпусе 1 находится подвижная каретка 4, в которой закрепляется резец. Микровинт 8 кинематически не связан с кареткой 4, он имеет свободное независимое перемещение в отверстии корпуса 1. Микровинт 8 направляется в отверстие цилиндрическим пояском, а резьбою соединяется с запрессованной в отверстие гайкой 6. На переднем конце винта 8 имеется фланец, торец которого строго перпендикулярен к направляющему пояску и является опорной базой, определяющей положение каретки с резцом. Для выбора люфта в микрометрической паре служит пружина 7. На внешнем торце фланца винтом 12 и штифтом 11 закреплен лимб 10, на котором нанесено 50 делений. Указатель деления 13 поджимается к фланцу винта 8 пружиной 14.

На торце указателя имеется нониусная шкала с четырьмя дисками. Центральная риска является основной указательной, а остальные три позволяют отсчитывать $1/2$ и $1/4$ деления лимба. При шаге микровинта 0,5 мм цена деления лимба 10 будет 0,01 мм, а нониуса 0,0025 мм. Так как расстояние между делениями лимба около 2 мм, то показания на нониусе отсчитываются легко. В данной державке каретка 4 постоянно поджимается к направляющим корпусу при помощи шариков 17 и пружин 18, это обеспечивает безаварное и плавное перемещение каретки.

Размерную настройку с помощью данной державки осуществляют в такой последовательности: совмещают нулевое деление лимба 10 с основной риской нониуса на указателе 13 и закрепляют микровинт винтом 16 через вставку 15; доводят каретку до касания упора 9 в торец микровинта и зажимают винтом 2; устанавливают и закрепляют резец с вылетом, примерно соответствующим размеру обработки; производят пробную обработку, затем замеряют и определяют величину поднастройки резца; для этого отжимают винт 2 и отводят каретку до упора в головку винта 5; отпустив винт 16, повертывают лимб 10 на величину поднастройки резца и зажимают винт 16; подводят каретку до касания упора 9 в торец микровинта 8 и закрепляют ее винтом 2 через вставку 3. После этого производят обработку поверхности заготовки и контролируют размер.

При обработке отверстий на револьверных станках широко

используют мерный режущий инструмент (сверла, зенкера и др.). Для закрепления этого инструмента на револьверной головке необходим соответствующий ВИ.

Сверла и зенкера с коническим хвостовиком закрепляют в переходных втулках с соответствующим внутренним диаметром конуса Морзе, а с цилиндрическим хвостовиком — в патронах с разрезной зажимной втулкой, с цапгой и др.

Развертки закрепляются нежестко, это необходимо для того, чтобы развертка в процессе резания самоустанавливалась по оси обрабатываемого отверстия, которое до этого было подготовлено сверлением, зенкерованием или растачиванием. Для закрепления разверток используют различные патроны, которые можно разделить на три вида:

качающиеся патроны, которые позволяют развертке устанавливаться в отверстии под некоторым углом к оси шпинделя станка (см. 12.11, а);

плавающие патроны, позволяющие развертке перемещаться в направлении, перпендикулярном ее оси (см. рис. 12.11, б);

комбинированные, которые позволяют развертке одновременно иметь смещения угловые и перпендикулярные относительно шпинделя станка, т. е. создают качание и плавание.

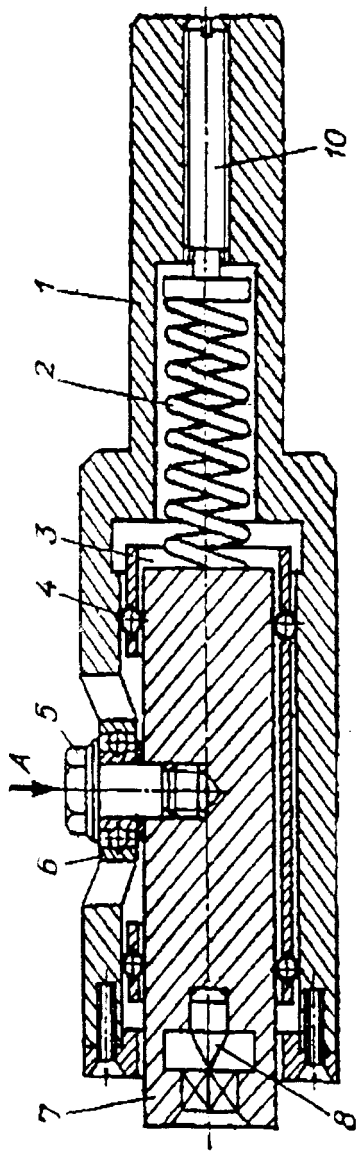
Патроны плавающие и комбинированные более сложные по конструкции, поэтому они применяются в тех случаях, когда требуется получить отверстие после развертывания высокой точности порядка 6...7 квалитетов.

Следует заметить, что все три вида патронов используются не только на станках токарной группы, но и на сверлильных станках, при обработке точных отверстий развертками.

Метчики и плашки устанавливаются на револьверных головках с помощью резьбонарезных патронов. Известно, что качество нарезаемой резьбы во многом определяет правильное закрепление режущего инструмента. При выборе конструкции патрона необходимо учитывать: требования к качеству резьбы, материал заготовки, размеры и вид отверстия (сквозное, глухое), применяемое оборудование и способ нарезания резьбы. Способы нарезания резьбы:

самозатягивание метчика, т. е. без принудительной подачи метчика, при этом метчик закрепляется жестко;

принудительная подача метчика. При этом способе возможно некоторое несовпадение величины подачи станка и шага резьбы метчика. В этом случае жесткое закрепление метчика недопустимо. Поэтому применяют компенсирующие патроны, которые позволяют метчику в процессе резания иметь свободу перемещения в



Вид А

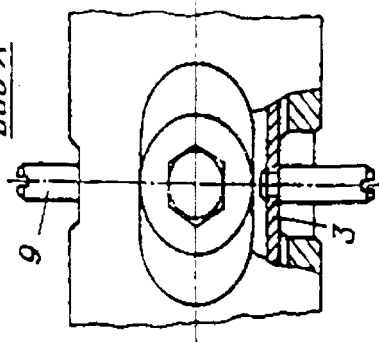


Рис. 12.8. Компенсирующий патрон для метчиков

осевом направлении. Конструкции компенсирующих патронов выполняются в различных вариантах.

На рис. 12.8 показан компенсирующий патрон, позволяющий получить полный профиль резьбы без среза начальных витков. Хвостовиком корпуса 1 патрон закрепляется в револьверной головке. В корпусе 1 на шариках 4 сепаратора 3 расположена державка 7 с квадратным отверстием, в которое вставляется метчик с упором в конус 8. От проворота в процессе резания державка 7 удерживается пальцем 5 с подшипником 6. На державку 7 действует компенсирующая пружина 2, усилие регулируется винтом 10. Усилие должно быть таким, чтобы при нарезании резьбы палец 5 находился посередине овального окна. Рукояткой 9 сепаратор 3 устанавливаются в среднее положение.

При нарезании резьбы малых диаметров, а также в глухих отверстиях и до упора, особенно в труднообрабатываемых материалах, малейшая неточность в настройке или обработке может вызвать перегрузку, а следовательно, поломку метчика. Для исключения этого явления применяют различные предохранительные самовыключающиеся или револьверные патроны. Патроны настраиваются на допустимую величину крутящегося момента, и, если момент резания превосходит установленный момент, то патрон автоматически выключается.

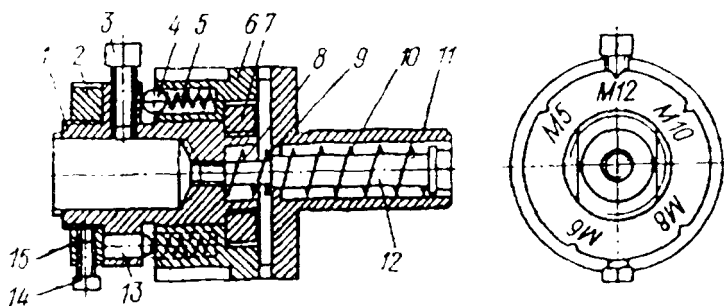


Рис. 12.9. Предохранительный резьбоварезной патрон

На рис. 12.9 приведен патрон с предохранительной муфтой шарикового типа. В корпусе 11 установлен подвижно держатель 1, в котором винтом 3 закрепляется метчик или плашка, в торце держателя размещены пальцы 13, контактируемые с гайкой 2, а противоположные концы пальцев 13 сцепляются с шариками 4, расположенными в сепараторе 6. На шарики действуют пружины 5.

Сепаратор на держателе 1 удерживается гайкой 7, а два его выступа входят в пазы корпуса 11. Держатель 1 в корпусе 11 удерживается пружиной 10 при помощи винта 12. Пружина 8 упирается в шайбу 9, она обеспечивает поворот держателя 1 в исходную позицию для нарезания. В процессе нарезания момент резания воспринимается пальцами 13, контактирующими с шариками 4.

При увеличении крутящего момента выше расчетного пальцы угавливают шарики, держатель начинает проворачиваться и его осевое перемещение прекращается. При обратном вращении шпинделя станка метчик (плашка) свинчивается и возвращает держатель в исходное положение. Расчетный момент срабатывания патрона устанавливается регулирующей гайкой 4. На торце гайки нанесены деления, соответствующие диаметру резьбы. При настройке патрона необходимо отжать винт 14, повернув гайку 4 до совмещения деления заданного диаметра нарезаемой резьбы с риской указателя на держателе, и затем зажать винт 14, который через вставку 15 застопорит гайку.

12.2. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков

На сверлильных станках выполняют обработку различных отверстий, нарезание резьб, подторцовку и зенковку поверхностей заготовок. При этом широко используют мерные режущие инструменты, большинство которых закрепляется на станке с помощью вспомогательных инструментов.

Сверла, зенкера с коническим хвостовиком устанавливают непосредственно в шпинделе станка или через переходник втулки, а с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в разрезных переходных втулках, но чаще всего в самоцентрирующих сверлильных патронах, которые устанавливают в шпинделе станка. Наиболее распространенными являются стандартные двух- и трехкулачковые и цапговые патроны. Очень часто сверлильные операции бывают многопереходные, и для каждого перехода используется отдельный режущий инструмент. Для сокращения времени на замену режущего инструмента применяют быстросменные патроны. К патрону прилагается комплект сменных втулок (вставок). Все режущие инструменты, необходимые для выполнения операции, закрепляются в сменных втулках. При замене сменная втулка с режущим инструментом вставляется в гнездо корпуса быстросменного патрона.

На рис. 12.10 приведена одна из конструкций быстросменного патрона. Этот патрон позволяет передавать большие крутящие моменты. Корпус 1 своим хвостовиком закрепляется в шпинделе

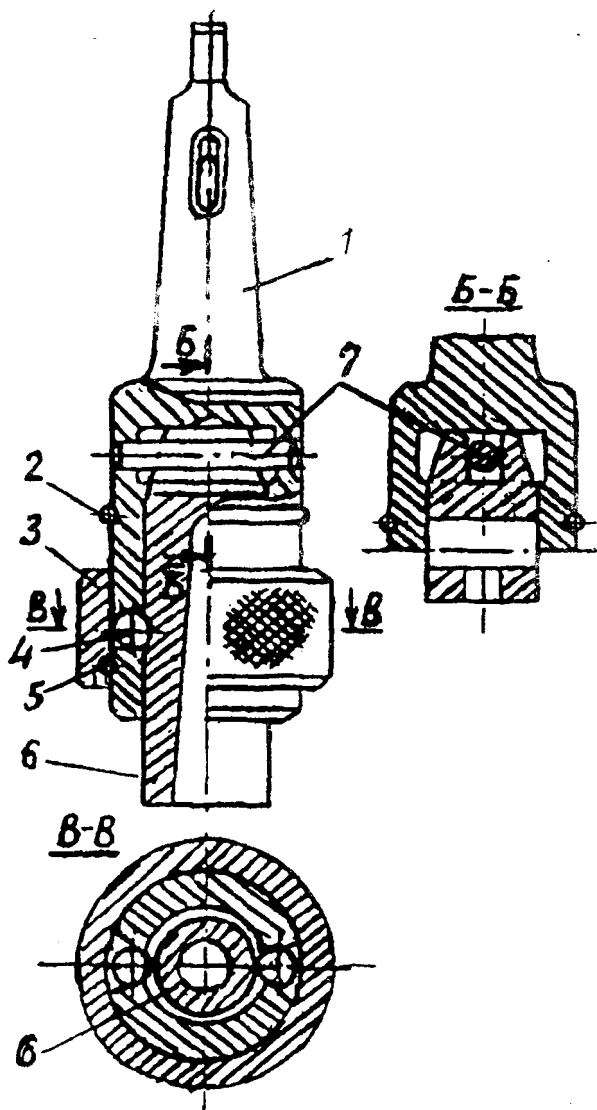


Рис. 12.10. Быстроосменный патрон с ведущим штифтом

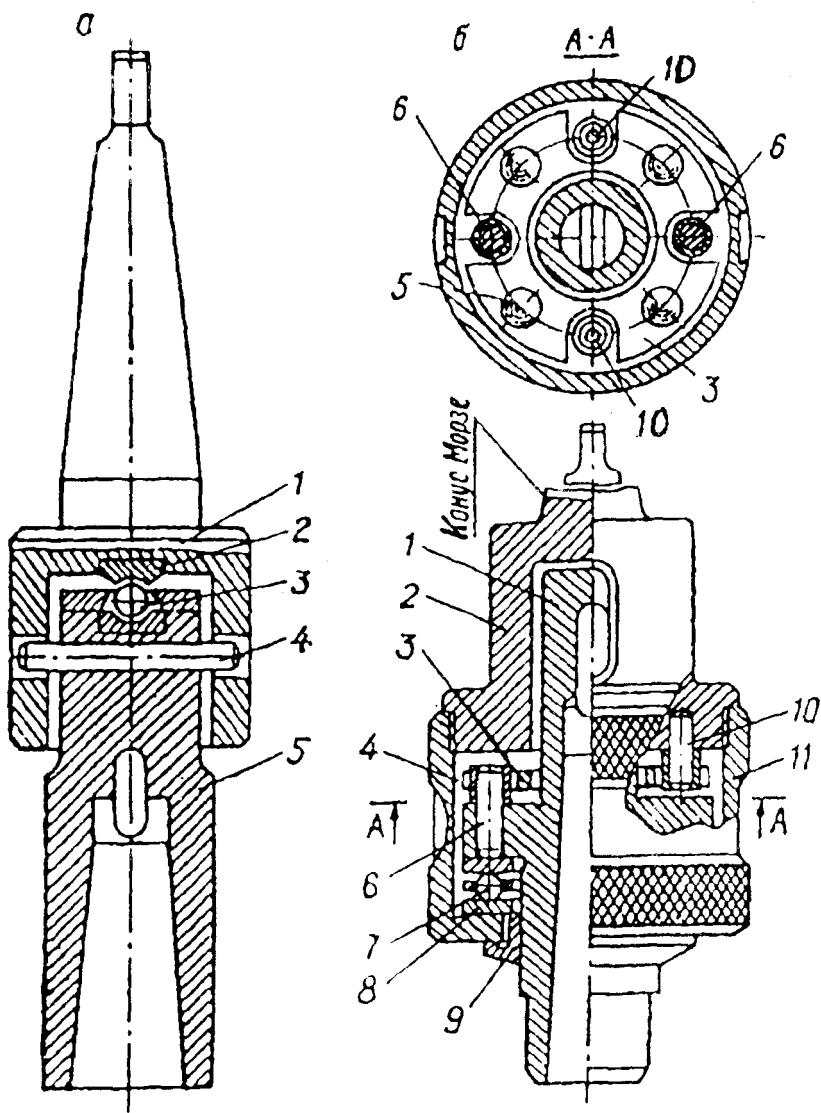
станка. В гнездо корпуса 1 вставляется сменная втулка 6, в которой закреплен режущий инструмент. Втулка имеет паз, который охватывает штифт 7, передающий крутящий момент. В корпусе имеется два отверстия под шарики 4, а на втулке 6 кольцевая полукруглая канавка. При подъеме обоймы 3 до упора в пружинное кольцо 2 шарики освобождают втулку 6 и она свободно вынимается, после установки следующей втулки с режущим инструментом обойму опускают до кольца 5 и фиксируют шариками сменную втулку в осевом направлении.

Развертки на сверлильных станках, как и на револьверных, закрепляют нежестко. Такое закрепление позволяет развертке самоустанавливаться по обрабатываемому отверстию. Для закрепления разверток применяют самоустанавливающие патроны, которые разделяются на качающиеся, плавающие и комбинированные, последние обеспечивают качание и плавание развертки. Патроны с помощью хвостовика закрепляются в гнезде шпинделя станка.

Качающиеся патроны (рис. 12.11, а) позволяют развертке наклоняться на некоторый угол. Патрон состоит из корпуса 1, подпятника 2, шарика 3. Втулка 5, в которой закреплена развертка, размещена в корпусе 1 с некоторым зазором и качается на штифте 4.

Плавающие патроны обеспечивают свободное совмещение оси развертки с осью обрабатываемого отверстия без перекоса. Патрон (рис. 12.11, б) состоит из корпуса 2, втулки 1, в которой закреплена развертка. Во фланце втулки 1 запрессованы два штифта 6, а в корпусе 2 — два штифта 10, на штифты 6 и 10 надеты втулки 4. Между торцом корпуса 2 и фланцем втулки 1 находится поводковое кольцо 3. В кольце 3 имеются четыре паза и четыре отверстия, пазы охватывают втулки 4 штифтов 6 и 10, а в отверстиях размещаются шарики 5. Осевое усилие от развертки передается на корпус 2 через шарики 5. При работе крутящий момент от шпинделя станка передается через корпус 2 к втулке 1, через штифты 10, кольцо 3 и штифты 6. Поджим фланца втулки 1 к торцу корпуса 2 осуществляется накатной гайкой 11. Между гайкой 11 и фланцем втулки 1 для уменьшения трения установлен сепаратор с шариками 7 и два опорных кольца 8. Втулка 9 предохраняет патрон от загрязнения.

Комбинированные патроны позволяют развертке иметь угловые смещения (качание) и радиальное смещение (плавание). Такие патроны обеспечивают наилучшее совмещение оси развертки с осью обрабатываемого отверстия. Они могут применяться для закрепления разверток как с коническим, так и с цилиндрическим хвостовиком. Однако эти патроны более сложные по конструкции.



12.11. Патроны для крепления разверток:
 а - качающийся; б - плавающий

Метчики закрепляют так же, как и на револьверных станках. Жесткое закрепление метчиков обычно выполняют в тех случаях, когда в одной операции сверлят отверстие, а затем нарезают резьбу. Для этого используют простейшие или быстросменные патроны, в которых метчик закрепляется непосредственно или через разрезную втулку, а сами патроны соединяются со шпинделем станка с помощью конусного хвостовика. При нарезании резьбы с принудительной подачей метчики устанавливают в компенсирующих патронах (см. рис. 12.8). При нарезании резьб в глухих отверстиях или малых диаметров для закрепления метчиков применяют предохранительные самовыключающиеся или реверсивные патроны. Такие патроны настраивают на расчетный крутящий момент. Если при нарезании резьбы возникает перегрузка, то патрон автоматически выключает подачу метчика, тем самым предохраняя его от поломки.

Наиболее эффективным методом повышения производительности при обработке отверстий в заготовках является многоинструментальная обработка, т. е. обработка одновременно несколькими режущими инструментами. При этом вспомогательным инструментом служит многошпиндельная сверлильная головка.

Многошпиндельная сверлильная головка — это приспособление для универсальных вертикально-сверлильных станков, которое объединяет несколько рабочих шпинделей, предназначенных для закрепления сверл, зенкеров и других инструментов. Число рабочих шпинделей определяется требованиями технологии обработки отверстий в заготовке на заданной операции. Головка устанавливается и закрепляется на гильзе (пиноли) станка и от нее получает подачу, а от шпинделя станка через зубчатую (с внутренним или наружным зацеплением) или кривошипно-шатунную передачу крутящий момент передается к рабочим шпинделям. Головки работают в комплекте с кондуктором, в котором установлена заготовка. Чтобы инструменты точно входили в отверстия кондукторных втулок, предусматриваются направляющие колонки (скалки), обеспечивающие связь между головкой и корпусом кондуктора.

Головки разделяются на универсальные и специальные. Первые применяют в мелкосерийном и серийном производствах для обработки отверстий в разных заготовках. В этих головках можно изменять угловое и радиальное положение рабочих шпинделей в определенном интервале. При переходе к обработке заготовки другого наименования производят переналадку, т. е. меняют (или переналаживают) кондуктор, режущие инструменты и устанавливают рабочие шпиндели в заданное положение согласно схеме обработки, предусмотренной в технологической карте на данную опе-

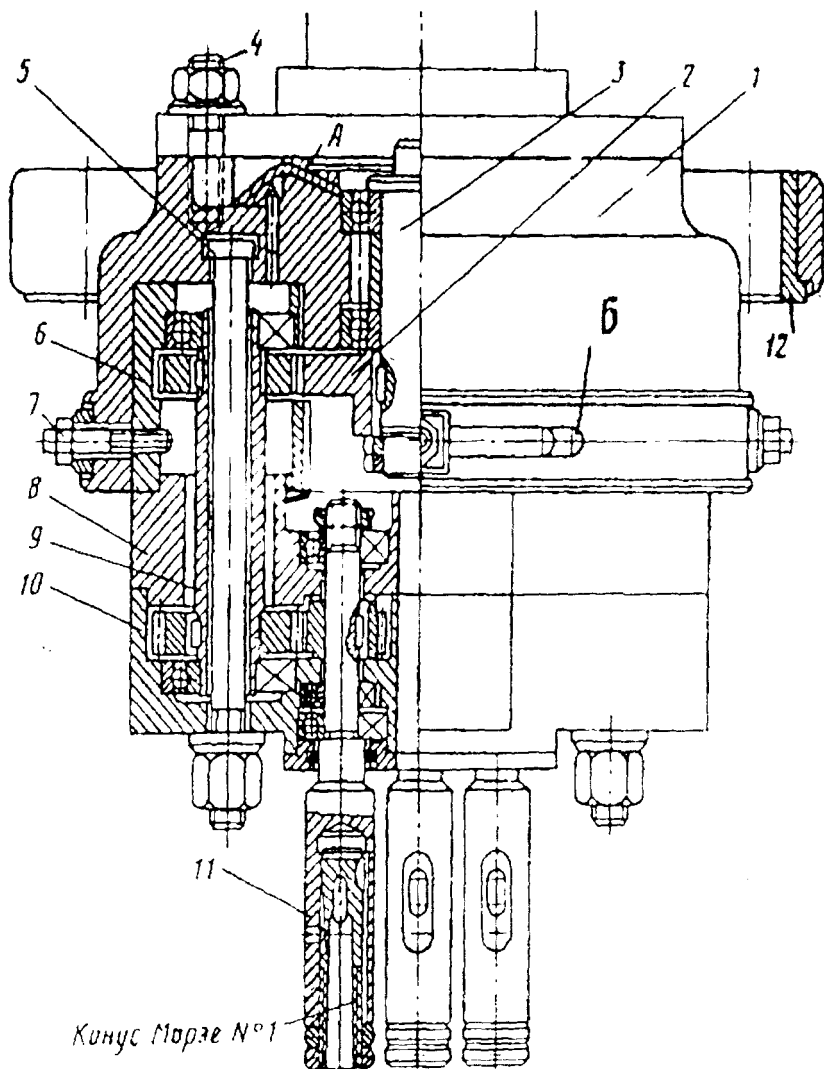


Рис. 12.12. Универсальная четырехшпиндельная сверлильная головка

рацию. Специальные головки предназначены для обработки отверстий в заготовках одного наименования. Они имеют постоянное расстояние между осями шпинделей и применяются в крупносерийном и серийном производствах. Учитывая, что многошпиндельные головки сложные и сравнительно дорогие, целесообразность их применения должна быть экономически обоснована.

На рис. 12.12 приведена универсальная 4-шпиндельная головка. Она пояском А центрируется на фланце гильзы шпинделя станка и закрепляется гайками 4. От шпинделя станка вращение через валик 3, ведущее колесо 2, паразитные колеса, соединенные с пустотелым валиком 9, передается на рабочие шпиндели головки 11. В корпусе 1 имеется Т-образный кольцевой паз, в котором располагаются головки четырех стяжных болтов 5. Болт 5 прижимает к корпусу 1 корпус рабочего шпинделя, состоящий из сектора 6, среднего корпуса 8 и нижнего корпуса 10. Корпуса 8 и 10 соединены штифтами и образуют кронштейн, в котором смонтирован рабочий шпindel головки 11. Кронштейн можно поворачивать на 360° относительно пустотелого валика 9. Сектор 6 центрируется по внутренней стенке корпуса 1 и прижимается к ней через шпильки гайкой 7. Каждый сектор можно перемещать по окружности на угол, ограниченный дугой радиального паза Б, выполненного в корпусе 1.

Наладка головки сводится к тому, чтобы каждый рабочий шпindel установить в заданное положение. Для этого отпускают гайку болта 5 и поворачивают шпindel 11 на заданный размер, а если еще требуется переместить шпindel в угловом направлении, то освобождают гайку 7 и смещают сектор 6 вместе с кронштейном до совмещения оси сверла с осью кондукторной втулки. Затем зажимают сектор гайкой 7, а корпус рабочего шпинделя — гайкой стяжного болта 5. Втулка 12 служит для направления колонки, закрепленной в корпусе кондуктора.

При обработке отверстий в заготовке последовательно несколькими режущими инструментами применяют револьверные (позиционные) головки, они также устанавливаются на вертикально-сверлильных станках. Головки имеют делительное устройство, с помощью которого инструменты поворачиваются в нужную позицию и настраиваются на заданные размеры. Такие головки позволяют сократить вспомогательное время, связанное с переходами. Обычно головки имеют 3...5 шпинделей.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение и выбор ВИ.
2. Установка и закрепление ВИ на револьверных станках.
3. Конструкции нерегулируемых державок.

4. Конструкция регулируемой державки.
5. Быстросменные сверлильные патроны.
6. Патроны для закрепления разверток.
7. Патроны для закрепления метчиков.
8. Назначение и конструкции сверлильных головок.

Глава 13. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ

Эффективность работы станков с ЧПУ в значительной степени зависит от технического уровня ВИ. Применение совершенных конструкций ВИ позволяет повысить производительность обработки и сократить простои станка. Повышение производительности достигается путем применения прочных и жестких ВИ, обеспечивающих надежное крепление режущих инструментов, что позволяет вести обработку на наиболее выгодных режимах резания, а также за счет использования ВИ для многоинструментальной обработки. Простои станка обуславливаются затратами времени на переналадку, т. е. на замену режущего инструмента или поднастройку его в процессе работы в результате износа. Для сокращения времени на замену инструментов используют блоки, состоящие из ВИ с закрепленным в них режущим инструментом, заранее настроенным на заданный размер. Блоки сравнительно быстро устанавливаются на револьверной головке, суппорте или в инструментальных магазинах станка.

Хвостовики ВИ имеют размеры и форму для конкретного станка, а передняя зажимная часть — для режущего инструмента со стандартной присоединительной поверхностью (призматической, конусной, цилиндрической), то это привело к необходимости создания разнообразных переходников (адаптеров). Комплект переходников состоит из резцедержателей, патронов, оправок различных конструкций, предназначенных для крепления режущего инструмента.

13.1. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы

Вспомогательный инструмент для токарных станков предназначен для закрепления резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков и плашек. При этом он должен удовлетворять основным требованиям: быть достаточно прочным и жестким; иметь высокую точность и стабильность базирования и закрепления режущего инструмента; легко и быстро устанавливаться и сниматься; обеспечивать настройку инструмента вне станка. Вспомогательный инструмент обычно устанавливается в револьверной головке или суппорте станка.

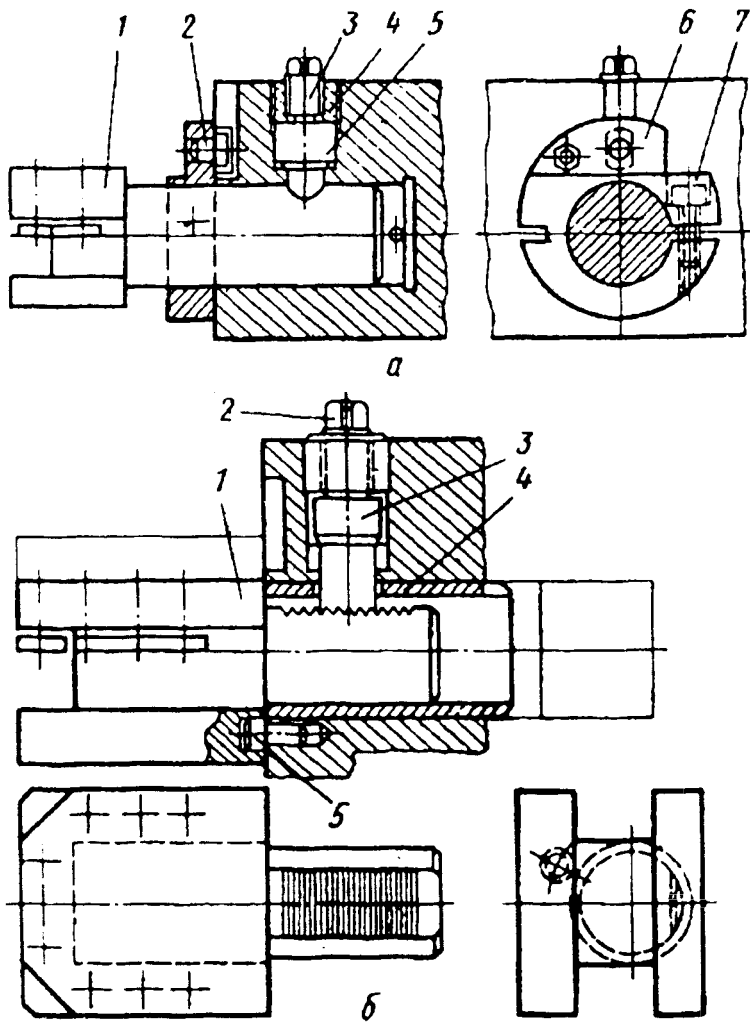


Рис. 13.1. Быстросменные державки

Базирование ВИ осуществляется по направляющим в виде призм, сфер или «ласточкина хвоста» с закреплением эксцентриком или прижимными планками. Часто базирование резцедержателей (державок) производят по цилиндрическому хвостовику и штифту, обеспечивающим точную угловую установку инструмента, или по цилиндрическому хвостовику с лыской, на которой имеются поперечные зубцы.

Конструкции быстросменных державок с цилиндрическими хвостовиками, устанавливаемых на револьверных головках, показаны на рис. 13.1. Державка обеспечивает (рис. 13.1, а) легкую и быструю настройку инструмента вне станка по размеру и угловому расположению реза с помощью разрезного кольца с фиксирующим пальцем 2. Кольцо, установленное на хвостовике державки 1, закрепляется винтом 7. Хвостовик державки 1 базируется в гнезде револьверной головки с упором в торец разрезного кольца 6, а палец 2 входит в торцевой паз корпуса головки, обеспечивая угловое положение реза. Хвостовик закрепляется плунжером 5 при ввинчивании винта 3 в гайку 4.

Державка 1 (рис. 13.1.б) на цилиндрическом хвостовике, имеющая лыску с нарезанными зубцами, устанавливается во втулку 4 револьверной головки. Закрепление державки выполняется винтом 2, воздействующим на плунжер 3. При этом зубцы плунжера жестко закрепляют державку в радиальном и осевом направлениях. Угловая фиксация выполняется штифтом 5, запрессованным в головку и входящим в отверстие державки. Такие державки обеспечивают высокую точность настройки реза вне станка, надежное закрепление державки и реза, легкую и быструю замену инструмента.

Вспомогательный инструмент для закрепления мерного инструмента (сверл, зенкеров, разверток, метчиков на токарных станках с ЧПУ) имеет много общего с ВИ, используемым на универсальных револьверных станках, — это переходные втулки и различные патроны. Однако к ВИ для токарных станков с ЧПУ предъявляются более высокие требования к точности базирования и закрепления режущего инструмента, к скорости настройки и замене инструмента. Для этой цели широко используются быстросменные патроны с высокой точностью центрирования режущего инструмента и более совершенные патроны для закрепления разверток и метчиков.

13.2. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы

На этих станках обработку заготовок осуществляют вращающимися режущими инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, метчиками, фрезами, расточными оправками и др.). Связь ВИ

со шпинделем станка обычно выполняется с помощью переходных оправок и патронов, которые имеют конусные хвостовики с конусностью 7:24, соответствующей размерам отверстия в шпинделе станка. Переходные ВИ с конусными хвостовиками применяются на станках как с автоматической, так и с ручной сменой инструмента. При автоматической смене инструмента в конструкциях переходных оправок и патронов предусматриваются специальные места для захвата инструмента манипулятором.

В настоящее время широко применяют системы унифицированной оснастки, представляющие собой набор унифицированных вспомогательных и режущих инструментов, который позволяет создавать комплект оснастки для качественной обработки поверхностей заготовок и лучше реализовать возможности станков с ЧПУ. Системы ВИ позволяют создавать блоки (комбинации вспомогательного и режущего инструмента), каждый из которых служит для выполнения конкретного технологического перехода.

К системе ВИ предъявляются следующие требования: минимальная номенклатура и стоимость; высокая точность, жесткость и виброустойчивость закрепления режущего инструмента с учетом интенсивных режимов работы и выполнения обработки отверстий без направляющих кондукторных втулок для сверл и других режущих инструментов; возможность регулирования длины режущего инструмента и быстрой его смены; удобство настройки режущего инструмента на заданный размер.

На рис. 13.2 показана одна из систем ВИ. Хвостовик Б с конусностью 7:24 точно центрируется, а затем через головку А переходной оправки 1 или патрона 2 жестко закрепляется в гнезде шпинделя станка механизмом захвата. На хвостовике имеется цилиндрическая проточка с В с двумя буртиками для захвата манипулятора при автоматической смене инструмента.

Переходные оправки 1 с коническим отверстием предназначены для установки и закрепления режущих или вспомогательных инструментов с коническим хвостовиком. Переходные цанговые патроны 2 и 3 служат для закрепления режущих и вспомогательных инструментов с цилиндрическим хвостовиком. Цанговый патрон 2 имеет одноугловую удлиненную цангу с большим числом двухсторонних прорезей, что повышает ее эластичность, а патрон 3 — двухугловую цангу. Эти патроны обеспечивают высокую точность центрирования и надежное закрепление инструментов. Переходные оправки 5 с цилиндрическим посадочным отверстием предназначены для установки и закрепления вспомогательных инструментов с возможной регулировкой по высоте. Вспомогательные инструменты 6—9 устанавливаются в переходной оправке 1.

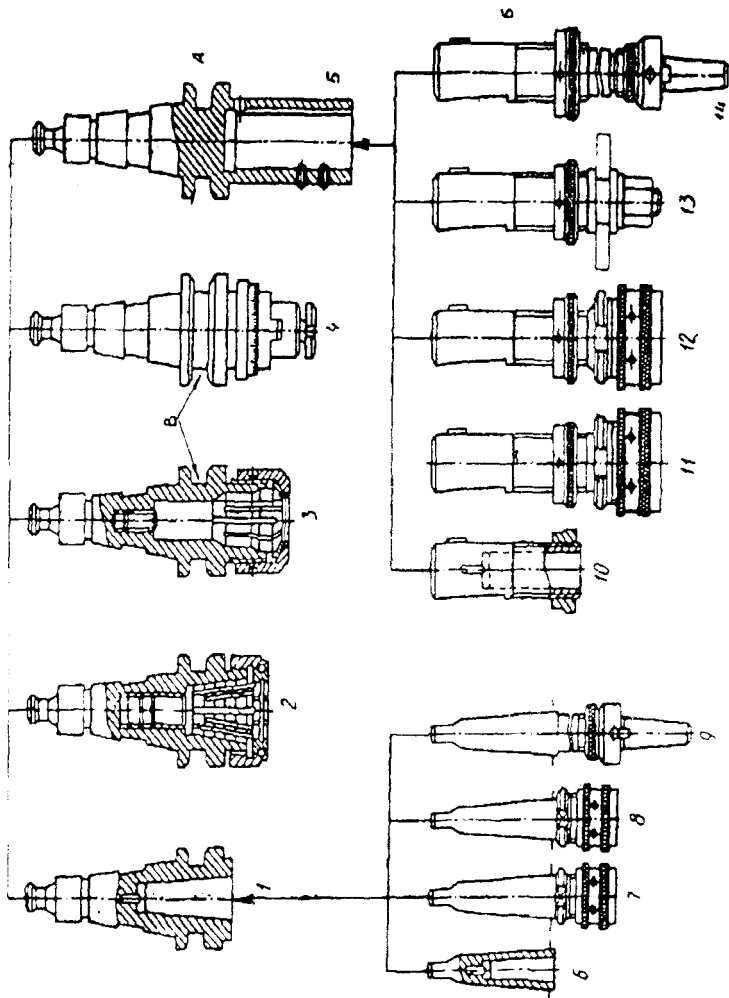


Рис. 13.2 Система вспомогательного инструмента к станкам с ЧПУ

Конусные переходные втулки 6 являются промежуточным звеном между хвостовиком инструмента и конусным отверстием оправки 1. Цанговые патроны 7 и 8 с одноугловой цангой 7 и двухугловой цангой 8 предназначены для закрепления режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком диаметром от 2 до 25 мм. Оправки 9 служат для насадных зенкеров, разверток с посадочным отверстием с конусностью 1 : 30.

Вспомогательный инструмент 10—14 с цилиндрическим хвостовиком и шпонкой устанавливают в базовом отверстии переходной оправки 5 и закрепляют двумя винтами. Вылет инструмента регулируется с помощью специальных гаек с точностью 0,1 мм. В переходных втулках 10 с отверстием с конусом Морзе закрепляются инструменты с конусным хвостовиком, а в цанговых патронах 11 и 12 закрепляют режущие инструменты с цилиндрическим хвостовиком. Оправки 13 используют для установки и закрепления фрез с диаметром отверстия от 16 до 32 мм, а оправки 14—насадных зенкеров и разверток с посадочным отверстием с конусностью 1 : 30.

В системе предусмотрены и быстросменные патроны для метчиков с быстросменными вставками и осевой компенсацией и с быстросменными вставками и осевой и радиальной компенсацией. На станках с ЧПУ с ручной сменой инструментов широко используют переходные быстродействующие патроны с шариковым захватом.

Вопросы для самоконтроля.

1. Назначение и конструкции переходных оправок и патронов.
2. Унифицированная система ВИ (рис. 13.2).
3. Конструкции цанговых патронов (рис. 13.2).

РАЗДЕЛ В. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Глава 14. Общие сведения о контрольно-измерительных приспособлениях

14.1. Назначение, классификация и структура контрольно-измерительных приспособлений

Контрольно-измерительные приспособления (КИП) предназначены для контроля и измерения точности геометрических параметров деталей и сборочных единиц при их изготовлении на этапах промежуточного и окончательного контроля. С помощью КИП проверяют:

линейные размеры: наружные и внутренние диаметры, высоту, ширину, глубину, выступы, длину различных элементов деталей, которые невозможно или нецелесообразно измерять жесткими калибрами или универсальными мерительными инструментами;

форму поверхностей: отклонения от заданной формы;

расположение поверхностей: отклонения от расположения поверхностей;

параметры: зацепления зубчатых колес, резьбовых соединений, фасонных поверхностей и деталей со сложным профилем.

Кроме того, с помощью КИП:

осуществляют настройку режущих инструментов на заданный размер и контроль размеров заготовок при обработке их на станках с числовым программным управлением (ЧПУ);

выполняют активный контроль размеров заготовок непосредственно при обработке их на шлифовальных и токарных станках; проверяют одновременно несколько параметров деталей;

производят сортировку деталей по точности параметров на группы в пределах заданного допуска.

Из вышесказанного ясно, что контрольно-измерительные приспособления имеют весьма широкую область применения и могут быть использованы для самых различных по размерам и конструкции деталей с большим диапазоном допусков и качеств точности параметров [2, 13].

В настоящее время единой, общепринятой классификации КИП не существует. На заводах и в технической литературе принято классифицировать приспособления по различным характерным признакам.

Рассмотрим классификацию контрольно-измерительных приспособлений по основным признакам [25]:

1) По специализации:

универсальные КИП. Используются для контроля заданных параметров у заготовок или деталей различной конструкции в определенном диапазоне размеров;

специализированные (переналаживаемые) КИП. Имеют ограниченную универсальность и используются для контроля параметров однотипных заготовок или деталей, принадлежащих к определенной классификационной группе или классу. При контроле каждого наименования заготовки приспособление переналаживается;

специальные КИП. Используются для контроля параметра или параметров одного наименования заготовки.

2) По виду контролируемых геометрических параметров заготовок или деталей приспособлений (рис. 14.1).



Рис. 14.1. Классификация КИП по виду контролируемых геометрических параметров деталей

3) По уровню механизации и автоматизации: ручные, механизированные, автоматизированные, автоматические.

4) По числу измеряемых параметров: одномерные и многомерные.

5) По способу измерения: статические, кинематические и динамические. Под статическими понимают такие способы контроля, при которых ни измеряемая деталь, ни элементы измерительного устройства не совершают во время измерения каких-либо перемещений (например, измерение с помощью интерференции света); при кинематических способах контроля измеряемая деталь или измерительный элемент приспособления перемещаются с малой и практически постоянной скоростью за время проверки; при динамическом способе контроля скорости перемещения относительно велики, а возникающие в процессе измерения ускорения существенно влияют на результаты контроля.

6) По методу преобразования измерительного импульса: механические, пневматические, гидравлические, электрические, пневмоэлектрические, фотоэлектрические и др.

КИП могут характеризоваться и по общим показателям, таким, как производительность, точность, пределы контролируемых параметров, устойчивость к внешним воздействиям, чувствительность, время безотказной работы и др.

Несмотря на большое разнообразие контрольно-измерительных приспособлений по назначению, конструкции, габаритным размерам, уровню механизации, точности и т. п., все они имеют общую структуру, что позволяет расчленить КИП по функциональному признаку на отдельные части, которые принято называть элементами.

Под элементом понимают деталь, сборочную единицу, механизм, устройство, узел, предназначенные для выполнения определенной функции в приспособлении. Анализ конструкций показывает, что количество элементов в структуре приспособления невелико. Все элементы можно объединить в следующие основные группы: базисные, передаточные, подвижные для вращения или линейного перемещения контролируемой детали или измерительного устройства, зажимные, вспомогательные, корпусные. Корпус является основой приспособления, где монтируются все остальные элементы. В группе элементы различаются не только по размерам, но и по конструктивному исполнению. Следует заметить, что в зависимости от назначения конструкция приспособления может состоять из всего комплекса элементов или только из отдельных групп элементов.

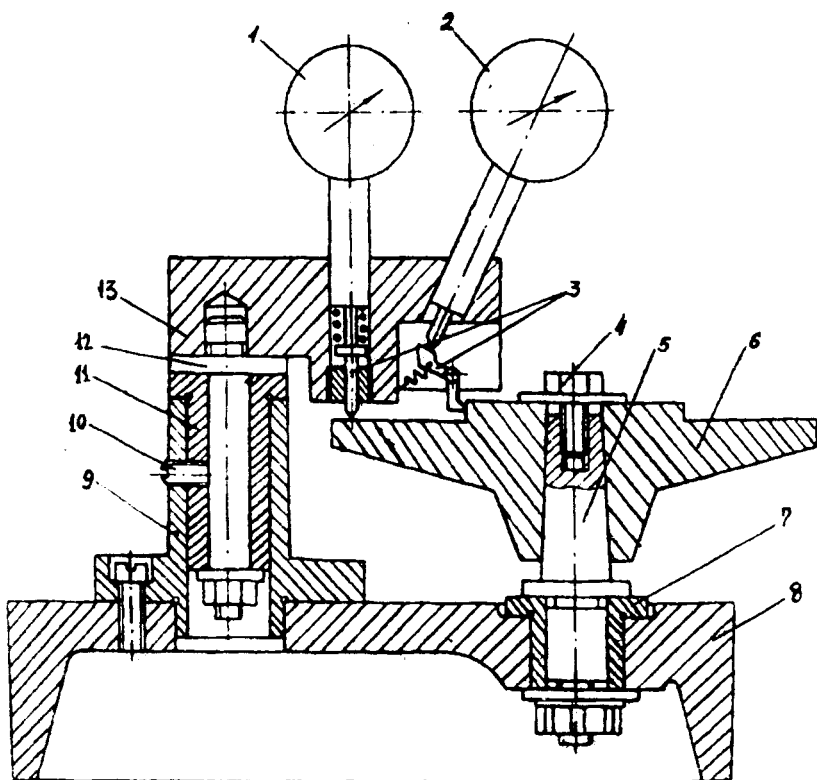


Рис. 14.2. Приспособление для контроля торцевого и радиального биений

Проектируют элементы с учетом требований, которые предъявляются к ним исходя из выполняемой ими функции. Это позволяет иметь общие методы проектирования каждой группы элементов. Поэтому для установления общих принципов проектирования контрольно-измерительных приспособлений нет необходимости рассматривать множество разновидностей элементов или конструкций приспособлений. Большинство элементов стандартизованы. Все это создает предпосылки для ускорения проектирования контрольно-измерительных приспособлений, которое сводится, главным образом, к конструированию элементов, необходимых для заданных условий контроля и установления их в строгой взаимосвязи на корпусе приспособления.

Рассмотрим структуру и работу приспособления (рис. 14.2) для контроля торцевого и радиального биения (отклонения расположения поверхностей). Оно состоит из следующих элементов: базирующего 5, предназначенного для установки контролируемой детали 6; зажимного 4; передаточных 3, которые контактируют с проверяемой поверхностью и передают перемещения к индикаторам 1 и 2; подвижного узла, с помощью которого вращают деталь во втулке 7; корпуса 8, на нем закреплен фланец 9 с подвижной втулкой 11; валика 12, соединенного со втулкой 11 и вспомогательным элементом—кронштейном 13. На кронштейне 13 закреплены индикаторы 1 и 2. При установке и снятии контролируемой детали 6 кронштейн поворачивают, угол его поворота ограничен винтом 10. Контроль осуществляется следующим образом: контролируемую деталь устанавливают на конусный палец 5 и закрепляют через шайбу болтом 4, поворачивают кронштейн 13 и осуществляют контакт индикаторов с контролируемыми поверхностями. Затем путем поворота детали фиксируют по индикаторам 1 и 2 торцевое и радиальное биение.

14.2. Выбор средств контроля и измерения

При выборе средств контроля (измерения) решается комплексная задача, при которой должны быть учтены многие технико-экономические показатели как технологического процесса обработки, так и процесса технического контроля заданных геометрических параметров обработанной заготовки или изготовленной детали и сборочной единицы. В производстве двигателей решение этой задачи значительно усложняется в связи с тем, что большинство поверхностей деталей двигателей изготавливается с высокой точностью, кроме этого, многие детали имеют сложную форму и большие размеры. Все это приводит к повышенным требованиям к средствам контроля, которые должны обладать высоки-

ми метрологическими характеристиками. Поэтому вопросам выбора средств контроля на производстве уделяется большое внимание.

Выбор средств контроля основан на обеспечении заданных показателей процесса технического контроля и анализа затрат на реализацию процесса контроля. К основным показателям процесса контроля относятся: точность измерения, достоверность, производительность и экономичность контроля [20; 21].

Точность контроля (измерения) — качество контроля, определяющее близость его результатов к истинному значению контролируемого параметра.

Достоверность контроля — вероятность соответствия результатов контроля действительным значениям контролируемых параметров.

Надежность контроля — свойство контроля выполнять заданные функции, сохраняя свои показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Производительность контроля — время, затраченное на контроль одной детали.

Экономичность контроля — свойство контроля обеспечивать минимальные затраты на контроль при установленной достоверности измерения.

Исходными данными для выбора средств контроля являются: вид контролируемого объекта—деталь, сборочная единица, техпроцесс; вид контролируемых параметров—геометрический, размер, форма, расположение поверхностей; номинальные значения контролируемых параметров и допуски на них; конструктивные особенности объекта — материал, масса, жесткость, состояние измерительных баз, а также программа выпуска деталей в год.

При выборе средств контроля в первую очередь отдают предпочтение наиболее простым и дешевым, к которым относятся стандартизованные различные калибры и универсальные мерительные инструменты. Однако часто эти средства не полностью удовлетворяют заданным требованиям контроля либо по метрологическим, либо по экономическим показателям. Особенно это проявляется, когда необходимо: выполнять измерения с высокой точностью и достоверностью; осуществлять контроль в труднодоступных местах детали, где прямые измерения невозможны, а косвенные приводят к увеличению погрешности измерения и трудоемкости и к снижению достоверности контроля; значительно повысить производительность контроля; осуществлять комплексный контроль нескольких взаимосвязанных параметров детали; контролировать сложные поверхности детали. Кроме этого, указанные средства контро-

ля не могут быть применены для измерения заготовок в процессе их обработки на станке, для автоматического контроля и т. п.

Тогда применяют специальные средства контроля, к которым относятся различные механизированные и автоматизированные контрольно-измерительные приспособления, автоматизированные устройства для контроля параметров заготовок непосредственно на станках с ЧПУ, активные средства контроля, т. е. контроль обрабатываемой заготовки в процессе обработки, контрольные автоматы, координатно-измерительные машины и др.

При этом следует иметь в виду, что применение специальных средств контроля должно быть экономически обоснованно, а также показано их преимущество в точности, надежности и производительности.

Таким образом, при выборе средств контроля параметров конкретной детали стремятся применить оптимальный вариант, который должен удовлетворять всем заданным показателям контроля и быть экономически выгодным.

Выбор средств измерения в первую очередь зависит от заданной точности контролируемого параметра детали, т. е. от допуска на этот параметр. При этом следует иметь в виду, что любой вид измерительных средств создает соответствующую погрешность измерения. Чем меньше погрешность измерения, тем большая часть допуска остается на обработку контролируемого параметра, а следовательно, упрощается процесс изготовления детали. Однако применение высокоточных средств измерения при сравнительно больших допусках на обработку также нецелесообразно, так как это приводит к увеличению стоимости средств измерения. Это указывает на то, что для каждого качества точности контролируемого параметра должны быть оптимальные средства контроля, с определенной допустимой погрешностью измерения ($\omega_{изм}$).

При выборе средств контроля по точности измерения руководствуются ГОСТ 8.051-81, где указывается допустимая погрешность измерения в зависимости от качества, размера и его номинального значения. Согласно ГОСТу средняя допустимая погрешность измерения для всего диапазона размеров составляет от допуска на номинальный размер: для 5-го качества 33%, для 6-го и 7-го—28%, для 8-го и 9-го—25%, для 10, 11, 12-го—23%, а для классов 13—17-го—20%. Таким образом, в зависимости от качества допустимая погрешность измерения составляет

$$\omega_{изм} = \left(\frac{1}{3} \cdots \frac{1}{6} \right) \text{ДТ} \quad (\text{допуска на размер}).$$

В авиационной промышленности часто уменьшают допусти-

мую погрешность измерения. Например, суммарная погрешность измерения $\omega \geq$ КИП может составлять (8...30) % допуска контролируемого параметра детали и зависит от назначения изделия. Для ответственных деталей (изделий $\omega_{\text{нзм}}$ не должна превышать 8%; для менее ответственных — (12,5...20) %; для остальных — (25...30) %. Однако значительное уменьшение $\omega_{\text{нзм}}$ приводит к усложнению и увеличению стоимости средств измерения.

Допустимая погрешность измерения является суммой следующих погрешностей: средств измерения; установки заготовки на позицию измерения; настройки, в том числе погрешности настроечных мер и смещения уровня настройки; погрешности от влияния температурных деформаций; погрешности от влияния измерительного давления и вибраций; субъективных погрешностей оператора.

При этом следует иметь в виду, что погрешность средств измерения должна быть меньше на (20...50) % допустимой погрешности измерения.

Нормальные условия выполнения измерений определены ГОСТ 8.050-73: температура окружающей среды — 20°C; атмосферное давление 101325 Па (760 мм рт. ст.); относительная влажность окружающего воздуха 58% (нормальное парциальное давление водяных паров 1333 Па).

При выборе средств контроля параметров заданной детали возникает несколько возможных вариантов. Определение оптимального варианта осуществляется на основании экономических расчетов.

14.3. Расчет КИП на точность

Контрольно-измерительные приспособления — специальные средства измерения и контроля геометрических параметров деталей, сборочных единиц, которые проектируются и изготавливаются на заводах-потребителях,—должны отвечать всем вышеуказанным требованиям (показателям), основные из которых—обеспечение оптимальной точности и производительности операций технического контроля. Кроме этого, они должны удовлетворять требованию экономической целесообразности.

В качестве измерительных устройств в контрольно-измерительных приспособлениях используют: отсчетные со шкальными измерителями—индикаторы часового типа, пневматические и др., с помощью которых определяют численные значения измеряемых величин; предельные с бесшкальными измерителями—жесткие калибры, щупы и т. п., используемые для сортировки деталей; комбинированные измерители—различные датчики с отсчетными шкалами и др., которые дают возможность не только оценивать дей-

ствительные значения контролируемых параметров, но и сортировать детали по предельным размерам.

Контрольно-измерительные приспособления настраиваются на заданный размер с помощью установочных мер (мера—средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера: специальные эталоны, плоскопараллельные концевые меры длины и др.).

При расчете точности КИП определяют суммарную погрешность измерения, состоящую из систематических и случайных погрешностей. Суммарная погрешность включает: погрешность установки контролируемых деталей на установочные элементы, передаточных устройств (элементов); установочных мер, используемых для настройки измерительных средств; погрешности, связанные с данным методом измерения, вызываемые неточностью отчета по шкале измерительного прибора, температурными колебаниями и др., вызванные нарушением первичной настройки измерительных средств.

Погрешность установки — это отклонение фактически достигнутого положения контролируемой детали или изделия при установке от требуемого. Эта погрешность комплексная, она состоит из следующих погрешностей: $\omega_{у.з}$ — погрешность изготовления установочных элементов и их расположения на корпусе приспособления (отклонение размеров и технических требований в пределах заданных допусков). Эта погрешность систематическая, постоянная и при проектировании КИП она определяется расчетом на основании установленных допусков.

ω_6 — погрешность базирования, она возникает вследствие неточности изготовления установочных и измерительных баз контролируемых деталей в пределах заданных допусков, а также наличия зазора между базовой поверхностью детали и установочными элементами. Предельное значение этой погрешности определяется расчетным путем. Эта погрешность ω_6 является систематической переменной.

ω_7 — погрешность смещения измерительной базы контролируемой детали относительно рабочих поверхностей установочных элементов, т. е. смещение от заданного положения. Это смещение вызывается деформацией стыковых поверхностей, наличием на этих поверхностях микрошероховатостей, перекосом деталей при установке, износом установочных элементов и др. Величина погрешности зависит от многих случайных факторов и определяется экспериментально. Погрешность ω_7 является случайной независимой величиной.

ω_8 — погрешность закрепления. В отдельных конструкциях КИП требуется обеспечить неизменность положения контролируе-

мой детали, для этого применяют зажимные механизмы, которые должны создавать небольшие силы зажима, чтобы не нарушить постоянство установки детали относительно измерительных средств и не деформировать деталь. Причиной этой погрешности являются колебание величины прилагаемой силы закрепления, изменения места ее приложения, отклонения формы контактных поверхностей и др. Таким образом, погрешность ω_4 является случайной независимой величиной.

Погрешность передаточных устройств состоит из двух видов: ω_p — систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления передаточных элементов, т. е. рычагов и других деталей. Эта погрешность определяется расчетным путем. Суммируется погрешность ω_p с другими погрешностями алгебраически с учетом знака;

ω_n — случайная погрешность, она обусловлена случайными факторами, а именно наличием зазоров между осями и отверстиями рычагов, неточностью их перемещения и другими причинами. Предельные значения случайных погрешностей определяют экспериментальным путем. Эта погрешность суммируется как случайная независимая величина.

Погрешность установочных мер, используемых для настройки КИ измерительных средств, включает:

$\omega_{н1}$ — систематическую погрешность, учитывающую отклонения установочных размеров от номинальных, она вызывается неточностью изготовления установочных мер;

$\omega_{н2}$ — случайную погрешность, которая возникает при настройке в результате отклонений от соосности, параллельности, перпендикулярности и др.

Погрешность метода измерения ω_m , она зависит от многих факторов: метода измерения, конструктивных особенностей контрольного приспособления, отклонений от нормальных условий измерения (температуры, влажности, запыленности окружающей среды, атмосферного давления), квалификации контролера и др. Погрешность является случайной независимой величиной.

Погрешность, вызванная нарушением первичной настройки измерительных средств (в результате неточного ее выполнения). Значение этой погрешности устанавливаются в процессе аттестации контрольного приспособления.

Точность показаний КИП определяется суммарной погрешностью, составляющими которой являются вышеуказанные систематические и случайные погрешности. Независимые случайные погрешности подчиняются закону нормального распределения и

поэтому суммируются по правилам теории вероятности для независимых случайных величин, а систематические погрешности суммируются алгебраически.

Суммарная погрешность измерения на контрольно-измерительных приспособлениях определяется по формуле

$$\omega_{\Sigma} = \omega_{\text{уч}} + \omega_{\text{р}} + \omega_{\text{н}} + \sqrt{\omega_{\text{б}}^2 + \omega_{\text{с}}^2 + \omega_{\text{з}}^2 + \omega_{\text{н}}^2 + \omega_{\text{н.с}}^2 + \omega_{\text{м}}^2}.$$

Составляющие суммарной погрешности КИП могут быть установлены расчетным путем по статистическим данным, приведенным в справочниках, и на основании экспериментальных исследований. При проектировании контрольно-измерительного приспособления определяют расчетную ожидаемую погрешность измерения, действительная погрешность выясняется после изготовления приспособления на основании аттестации приспособления. Расчетная погрешность должна быть меньше или равна действительной; лишь при этом приспособление признается годным для эксплуатации.

Ниже приводятся расчеты отдельных составляющих суммарной погрешности измерения контрольно-измерительных приспособлений.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение КИП?
2. Каким образом классифицируется КИП?
3. Как выбирают средства контроля?
4. Какие особые требования к точности КИП в авиационной промышленности?

Глава 15. Конструкции элементов КИП и расчет составляющих суммарной погрешности измерения

15.1. Базирующие элементы и расчет погрешностей базирования

Базирующие элементы (БЭ) предназначены для правильной установки контролируемой детали на КИП относительно заданных координат. Точность контроля детали в первую очередь за-

висит от точности установки, т. е. от конструкции и точности изготовления базирующих элементов. При установке базовые поверхности контролируемых деталей находятся в контакте с базирующими элементами, а это приводит к износу поверхностей элементов, а следовательно, к снижению точности базирования. Поэтому БЭ изготавливают из износостойких материалов, например, из Ст. 20 и Ст. 20Х с последующей цементацией и затем закалкой или из высокоуглеродистых и легированных сталей с закалкой до твердости HRC₃ 58...62.

Обычно базовыми поверхностями контролируемой детали являются плоскости, наружные и внутренние цилиндрические поверхности. Способ базирования определяет конструкцию установочных элементов и размещение их на корпусе КИП.

При базировании контролируемых деталей по плоской базовой поверхности установочные элементы оформляются в виде опорного кольца, секторов или пластины и опорных штырей, которые закрепляются на корпусе приспособления.

Базирование по наружной цилиндрической поверхности контролируемой детали осуществляют с установкой в призму, жесткое кольцо или втулку и самоцентрирующие устройства.

Способ установки в призму широко используется для контроля отклонения формы и расположения поверхностей. При установке в призму на погрешность измерения влияют не только колебания размера базовой поверхности детали в пределах допуска, но и погрешности, вызванные изготовлением самой призмы и ее расположением на приспособлении, а также износом контактируемых поверхностей призмы. Боковые грани призмы изготавливают с высокой точностью плоскостности и параллельности расположения граней относительно оси призмы. Угол между гранями призмы, как правило, принимает 90°.

Так как контакт между деталью и гранями призмы происходит по узким площадкам (теоретически по линиям), то наблюдается ускоренный износ в этих местах, а следовательно, увеличение погрешности установки. Для повышения износостойкости применяют следующие мероприятия (рис. 15.1): оснащают рабочие поверхности призмы пластинками из твердого сплава (рис. 15.1, а). Пластины 1 заделывают в пазы призмы 2, припаивают медным припоем и производят обработку; применяют призмы с переставными валиками (рис. 15.1, б). Валики 3 вставляют в отверстие призмы 2 и закрепляют винтами 1; применяют призмы с вращающимися роликами (рис. 15.1, в). Ролики 1 на осях установлены в призме 2. Наличие роликов позволяет повысить износостойкость призмы, значительно облегчает вращение контролируемой детали.

но вместе с тем приводит к дополнительной погрешности установки. Чтобы уменьшить эту погрешность, ролики необходимо изготавливать с высокой точностью, и они должны иметь минимальное биение.

Способ установки в жесткое кольцо или втулку применяется сравнительно редко, так как трудно установить контролируемую деталь в отверстие с малым зазором. Способ установки контролируемых деталей по наружной цилиндрической базе в самоцентрирующих устройствах (элементах) позволяет достичь высокой точности базирования. Установку производят в мембранные или гидропластмассовые патроны, в которых центрирование и зажим деталей осуществляются за счет упругой деформации мембраны и тонкостенной втулки. Точность центрирования деталей может достигнуть порядка 0,002...0,005 мм. Мембраны изготавливают из пружинной стали (Ст. 65Г и пр.) с закалкой до твердости HRC₃ 40, а тонкостенные втулки из Ст. 45, 30ХГСА, У7 с закалкой до твердости HRC₃ 40...45.

Базирование контролируемых деталей по базовому цилиндрическому отверстию широко распространено в практике. Для этого используют цилиндрические пальцы и оправки, разжимные и конические оправки и др. Существуют два способа установки: одностороннее базирование и центрирование. При одностороннем базировании деталь устанавливается на палец или оправку с зазором и контактирует с оправкой по образующей, что позволяет обеспечить точную установку оси отверстия детали X—X в одном направлении, но со значительным снижением точности установки в перпендикулярном направлении (ось Y—Y), т. е. произойдет смещение оси детали на величину ω_c (рис. 15.2,в). Односторонний выбор зазора на пальце достигается различными конструктивными решениями (рис. 15.2).

При базировании легких деталей, имеющих поверхность со значительной шероховатостью и высокой твердостью, отжим может производиться шариком, постоянно нагруженным пружиной (рис. 15.2, а). Значительно жестче и надежнее палец, в котором шарик принудительно отжимается винтом (рис. 15.2, б). Если палец имеет выборку или лыску (рис. 15.2, в), то вместо шарика используется плунжер, на который действует пружина. Использование штока 3 для отжима шарика 2 в пальце 1 (рис. 15.2, г), который перемещается гайкой, эксцентриком или пневматикой в направлении, показанном стрелкой, значительно повышает силу зажима.

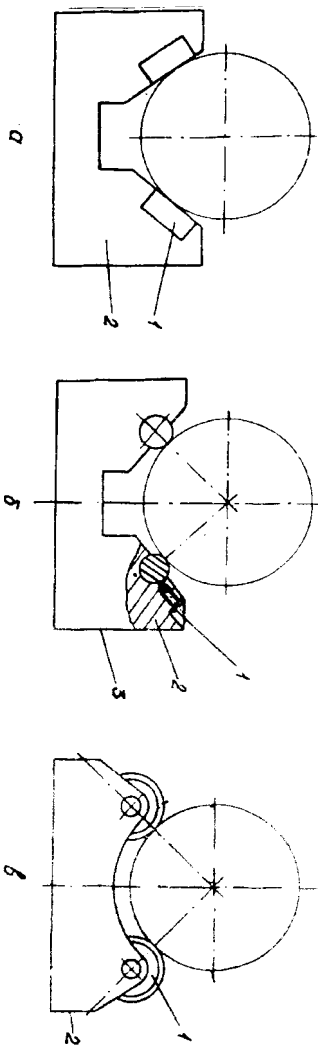


Рис. 15.1. Призмы с повышенной износостойкостью

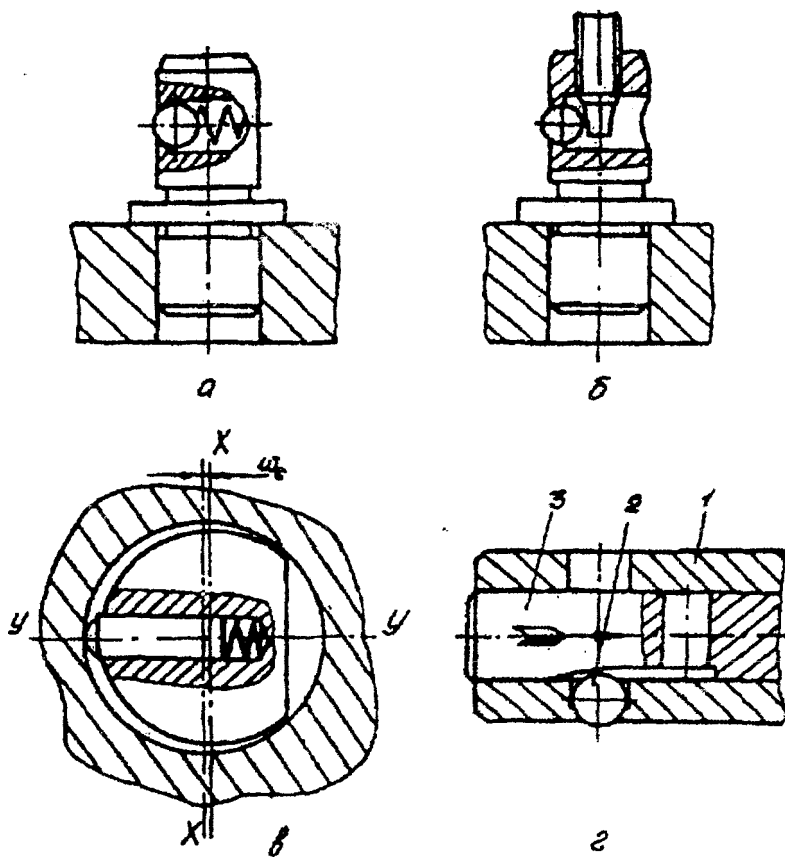


Рис. 15.2. Типовые конструктивные схемы одностороннего базирования детали по отверстию с применением пальца: а — с шариком и пружиной; б — с шариком и винтом; в — с плунжером и пружиной; г — с шариком и штоком

При установке на жесткий цилиндрический палец или оправку всегда имеет место радиальный зазор, что снижает точность измерения. Установка на разжимные оправки позволяет исключить появление радиального зазора. Самую высокую точность центрирования (0,002...0,005 мм) обеспечивают разжимные оправки с гидропластмассой или мембраной. Центрирование на конических оправках является широко распространенным и удобным методом базирования деталей небольших размеров. Базирование конусной части оправки относительно оси центровых отверстий ограничивается допуском на изготовление, равным 10% от допуска на деталь с округлением до тысячных долей мм, но не менее 0,003 и не более 0,015 мм.

При исследовании точности показаний контрольных приспособлений одним из главных вопросов является определение погрешностей базирования деталей на установочные элементы. В контрольных приспособлениях детали закрепляют для измерения сравнительно редко, однако при этом стремятся, чтобы зажимные силы были незначительны и не вызывали существенных погрешностей установки детали. Детали, устанавливаемые на установочные элементы контрольных приспособлений, чаще всего лишают только пяти степеней свободы, так как для измерения базирования поверхностей, перпендикулярности торцов, диаметральных и линейных размеров в различных плоскостях деталям необходимо сообщать вращательное движение.

Расчет погрешности базирования в КИП осуществляется по общей методике, которая используется при расчете погрешностей базирования заготовки в станочных приспособлениях (см. гл. 2). В качестве примера рассмотрим определение погрешности базирования при установке деталей в контрольных приспособлениях.

Базирование детали на гладкой оправке со срезанной площадкой

В авиадвигателестроении широко применяются детали, у которых после обработки должно быть обеспечено совпадение осей отверстия и наружной цилиндрической поверхности с высокой точностью. Часто такие детали при контроле устанавливают на оправках (пальцах) с односторонним базированием (см. рис. 15.2). На рис. 15.3, а приведена оправка 1 со срезанной площадкой. Чтобы обеспечить постоянный контакт втулки с оправкой при ее повороте на 360°, предусматривается пластинчатая пружина 2. Из-за наличия площадки отверстие втулки имеет на оправке постоянный контакт по образующим в точках А и В (рис. 15.3, б).

При такой конструкции оправок непосредственное измерение величины e эксцентриситета осей у деталей заменяется измерением разности значений стрелы ($h'_0 - h_0$) при повороте детали на

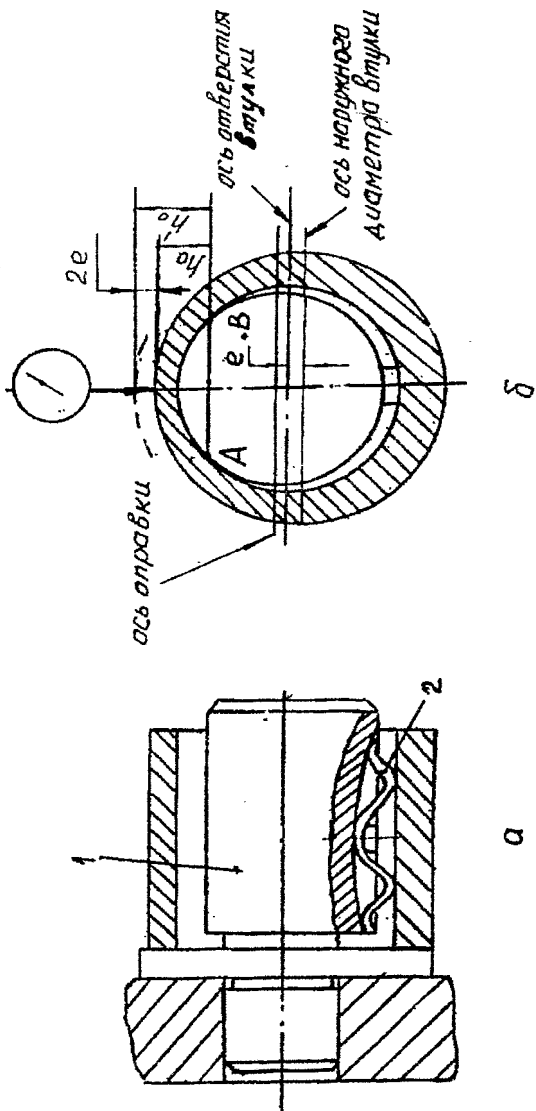


Рис. 15.3. Конструкция гладкой оправки со срезанной площадкой (а) и схема контроля детали (б)

360°. Ось стержня индикатора при этом методе измерения целесообразно установить в вертикальной плоскости.

При повороте детали на 360° на оправке центр ее наружной окружности последовательно проходит положения, расстояния между которыми равны удвоенному эксцентриситету $2e$:

$$h'_o - h_o = 2e.$$

Таким образом, при измерении величины $2e$ у деталей погрешность базирования на оправке рассматриваемой конструкции равна нулю:

$$\omega_6 = 0.$$

Базирование детали по цилиндрическому отверстию на оправку

Установка по цилиндрическому отверстию является одним из наиболее распространенных методов базирования в конструкциях контрольных приспособлений. Наиболее просто базирование по отверстию выполняют путем установки проверяемой детали на гладкую цилиндрическую оправку. Однако в этом случае возникают наибольшие погрешности измерения вследствие возникновения зазоров между отверстием детали и оправкой.

Для базирования по цилиндрическим отверстиям широко применяют гладкие конические оправки с конусностью в пределах от 1:1000 до 1:10000.

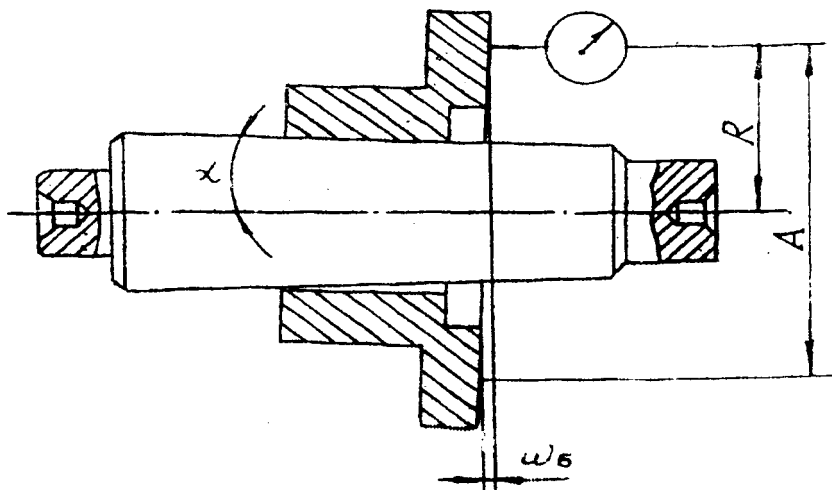


Рис. 15.4. Схема контроля детали на конической оправке

При установке детали отверстием на коническую оправку возможно появление погрешности измерения из-за перекоса детали — соприкосновения образующей ее отверстия по всей его длине с образующей оправки (рис. 15.4). При этом следует различать две погрешности: угловую и линейную. Угловая погрешность измерения определяется лишь конусностью оправки. Длина базового отверстия не влияет на величину угловой погрешности. Линейная погрешность ω_6 зависит от конусности оправки и от плеча измерения. Таким образом, погрешность базирования будет определяться радиусом R , на котором производится измерение, и углом наклона образующей оправки α :

$$\omega_6 = A \cdot \operatorname{tg} \alpha = 2R \operatorname{tg} \alpha.$$

При расчете конических оправок не следует забывать, что уменьшение погрешности базирования связано с уменьшением конусности оправок, а следовательно, и с увеличением их длины, что приводит к снижению жесткости самой оправки.

Базирование детали в установочно-разжимном узле с двумя неподвижными и одним подвижным кулачками

Установочно-разжимные оправки с двумя неподвижными и одним подвижным кулачками применяются в контрольных приспособлениях, когда при измерении детали требуется ее закрепление (рис. 15.5). Подвижный кулачок 2 отжимается либо эксцентрико-

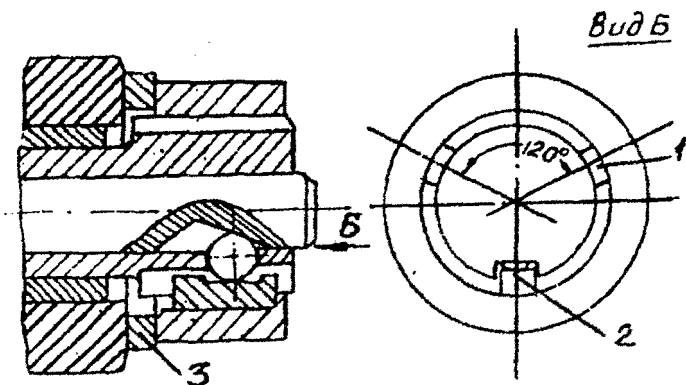


Рис. 15.5. Установочно-разжимная оправка с двумя неподвижными и одним подвижным кулачками

вым механизмом, либо с помощью пневматического цилиндра, на конце штока которого имеется наклонная площадка. При перемещении шток сообщает шарик и подвижному кулачку 2 вертикальное перемещение вниз, в результате чего на оправке закрепляется проверяемая деталь. Последняя своим отверстием устанавливается на неподвижные кулачки 1, выполненные как одно целое с оправкой. Деталь при установке поджимается торцом к кольцу 3.

Диаметры кулачков D_k выполняют на 0,01...0,02 мм меньше минимального диаметра отверстий D_A (рис. 15.6). Центр отверстия проверяемых деталей при указанном сочетании размеров всегда будет смещаться вниз относительно центра кулачков оправки на величину ω_6 .

Обозначим: O_1 — центр отверстия проверяемой детали; O — центр кулачков оправки. Погрешность базирования ω_6 детали на рассматриваемой оправке определяется равенством.

$$\omega_6 = O_1B_1 - OB_1$$

Погрешность базирования деталей ω_6 на рассматриваемой установочно-зажимной оправке удобнее определить не через OB и OB_1 , а через $\Delta R = 0,5(D_A - D_k)$:

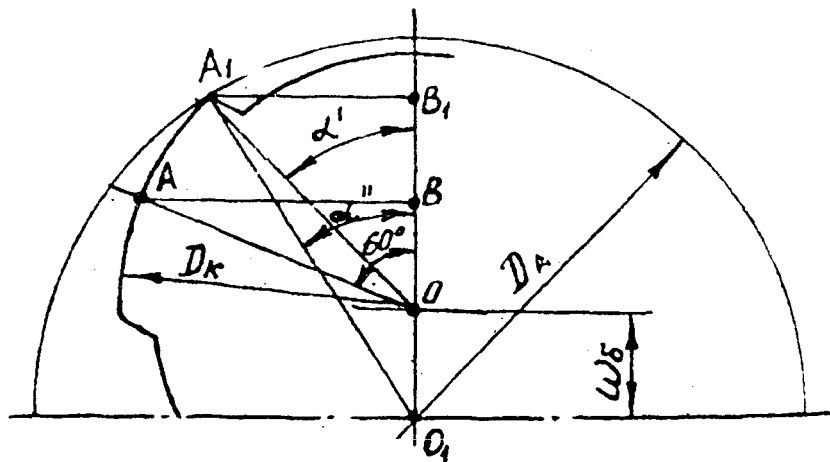


Рис. 15.6. Схема базирования детали на установочно-разжимной оправке

$$\Delta R = 0,5(D_A - D_K) = \frac{A_1 B_1}{\sin \alpha''} - \frac{A_1 B_1}{\sin \alpha'} = A_1 B_1 \left(\frac{\sin \alpha' - \sin \alpha''}{\sin \alpha' \cdot \sin \alpha''} \right)$$

тогда

$$\omega_s = \frac{\Delta R (\operatorname{tg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha'') \cos \alpha' \cdot \cos \alpha''}{\sin \alpha' - \sin \alpha''}$$

Погрешность базирования ω_s возрастает при увеличении разности ΔR между радиусами кулачков оправки и радиусом отверстия проверяемой детали. В общем случае приближенно можно записать:

$$\omega_s \approx 1,8 \Delta R.$$

Установочно-зажимную оправку данной конструкции целесообразно применять при контроле перпендикулярности торцов, непараллельности осей, расстояний между осями и между торцами.

Базирование детали на призму

Наиболее часто применяемым установочным элементом для наружных цилиндрических поверхностей являются призмы. Их используют при контроле размеров, погрешностей взаимного расположения поверхностей.

При использовании призмы в качестве установочного элемента следует учитывать, что изменение диаметра цилиндрической базирующей поверхности детали в пределах поля допуска T дает определенную погрешность базирования (рис. 15.7). Размер этой погрешности зависит не только от допуска на диаметр базирующей поверхности детали, но и от угла призмы α и направления измерения, т. е. от угла β между осью симметрии призмы и направлением измерения.

Из схемы, приведенной на рис. 15.7, видно, что вследствие изменения диаметра детали на величину допуска T возникает погрешность в направлении оси детали OO_1 . Так как

$$OA - O_1B = 0,5T,$$

то

$$\omega_{\delta_1} = \frac{T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Погрешность базирования в направлении измерения (под углом β к оси OO_1) может быть определена из треугольника ЛМН. Очевидно, что $ЛН = \omega_{\delta_1}$ и $МН = \omega'_{\delta_1}$, откуда

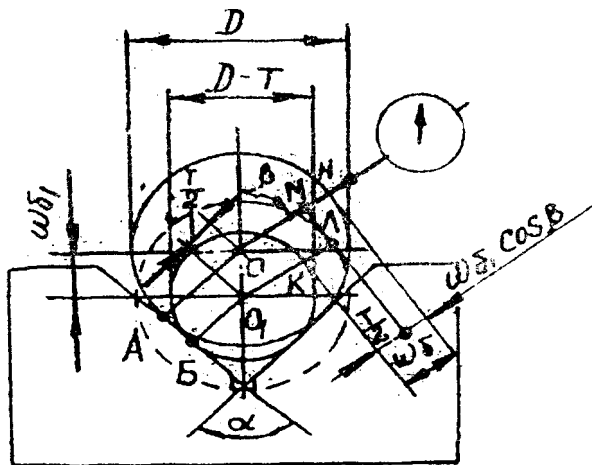
$$\omega'_{\delta_1} = \omega_{\delta_1} \cdot \cos \beta.$$

Суммарная погрешность базирования определится из выражения

$$\omega_{\delta} = КЛ + МН = 0,5T + \omega_{\delta_1} \cos \beta = 0,5T \left(1 + \cos \beta / \sin \frac{\alpha}{2} \right).$$

Анализ формулы показывает, что с точки зрения уменьшения погрешности базирования лучшим является направление измерения, перпендикулярное к оси симметрии призмы ($\beta = 90^\circ$) при любом угле призмы.

Рис. 15.7. Схема контроля детали на призме



15.2. Передаточные элементы и их погрешности

Основное назначение передаточных устройств (ПУ): передача измеренных величин на некоторое расстояние от измеряемой поверхности; изменение направления передаваемых величин; предохранение измерительного наконечника прибора от непосредственного контакта с контролируемой деталью. Передаточные устройства подразделяются на две основные группы: прямые и рычажные.

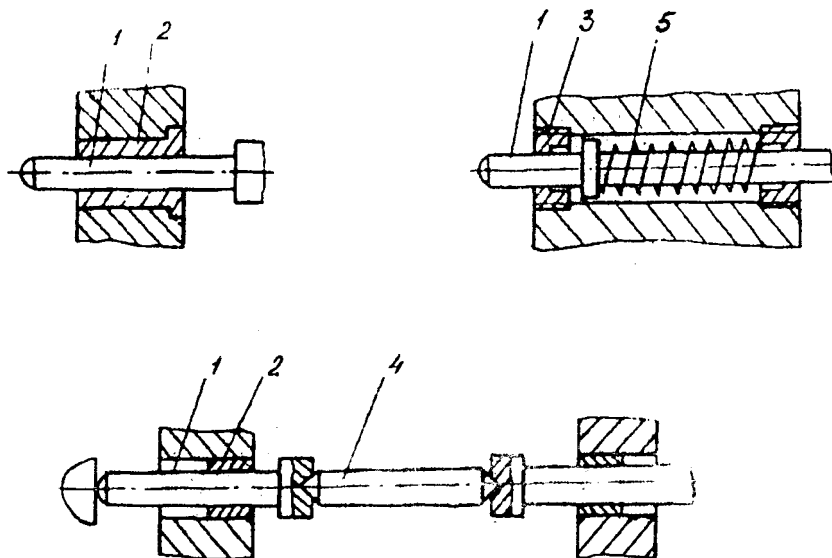


Рис. 15.8. Прямые передаточные устройства

Прямые ПУ применяются в тех случаях, когда контактирующая с измерительным наконечником поверхность детали перемещается относительно индикатора, например, при проверке биения (рис. 15.8). Эти устройства обычно состоят из стержня 1, который соприкасается непосредственно с проверяемой деталью или индикатором, направляющих втулок (гладких 2 или резьбовых 3), промежуточного стержня 4, который в случае износа может быть заменен новым. Регулированием резьбовой втулки можно создать необходимый натяг стержня. Цифрой 5 на рисунке обозначена пружина.

Рычажные передачи применяются для углового изменения направления передаваемых измеренных величин, для передачи их в направлении, параллельном первоначальному, но не находящемся с ним на одной прямой, и для преобразования (увеличения или уменьшения) передаваемой величины (рис. 15.9).

Рычажные передачи имеют контакт непосредственно с контролируемой деталью или с другими элементами самого приспособления — передаточными стержнями, измерительными накопчиками и т. д.

Концы плеч рычагов должны иметь точечный контакт с поверхностью проверяемой детали или следующим передаточным звеном приспособления. Для этого поверхности концов плеч рычагов выполняются трех типов: сферическая поверхность

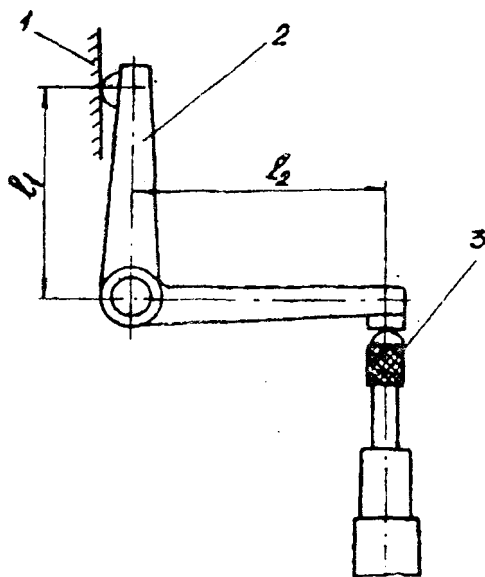
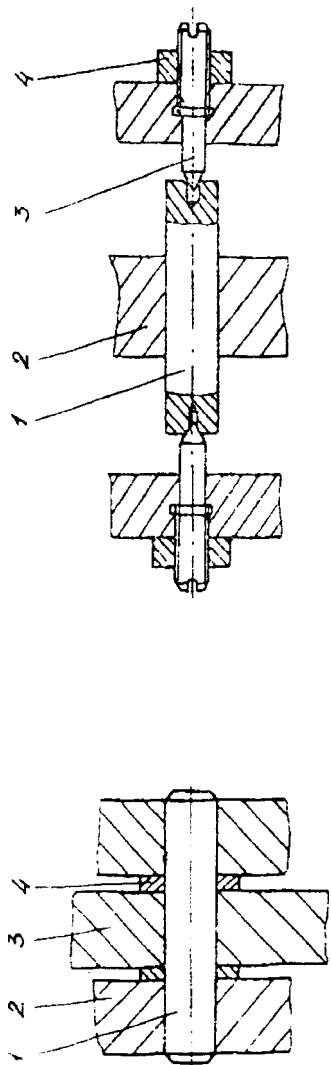


Рис. 15.9. Рычажные передаточные устройства

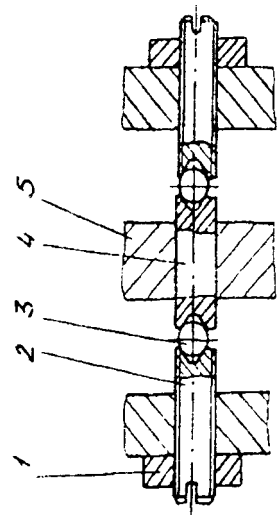
контактирует с поверхностями детали (плоской или цилиндрической большого радиуса); плоская поверхность контактирует со сферической поверхностью детали; ножеобразная (или полужилидрическая) поверхность — с перпендикулярной ей цилиндрической поверхностью.

При использовании увеличивающих рычагов рекомендуется принимать передаточное отношение равным 1,5:1,0; 2:1; 3:1.

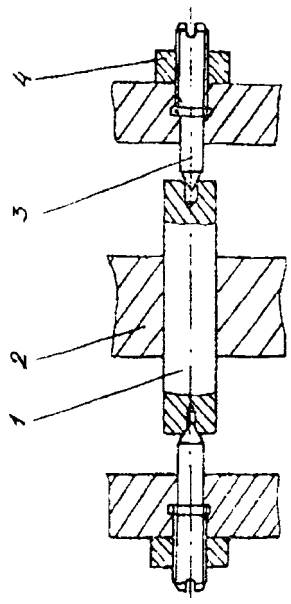
Наиболее распространенной конструкцией шарнира (рис. 15.10), на котором качаются передающие рычаги, является каленый штифт, проходящий через отверстие рычага (рис. 15.10, а). Качание рычага осуществляется двумя способами: штифт 1 посажен неподвижно в корпусе 2 приспособления, а рычаг 3 качается на штифте, или штифт посажен неподвижно в рычаге и совместно с рычагом качается в отверстиях корпуса приспособления.



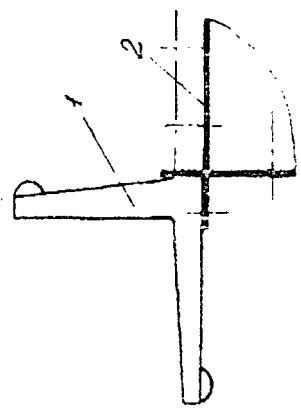
а



б



в



г

Рис. 15.10. Конструкции рычагов, качающихся: а - на шлифте; б - в центрах; в - на шариках; г - на плоских пружинах

При этом трущиеся поверхности должны быть износостойкими (цифрой 4 обозначена шайба регулировочная). Преимуществом последней конструкции является то, что опорная база рычага размещена на большую ширину, благодаря чему уменьшается боковая качка рычага. Эту конструкцию применяют для рычагов, имеющих плечи большой длины. Посадка рычага по боковым сторонам (по торцам бобышек) и по отверстию должна быть по H7/h6.

Более высокой точностью отличается рычажная передача, у которой ось 1 качается на центрах 3 (рис. 15.10, б). Эту конструкцию высокой чувствительности применяют на приборах и приспособлениях повышенной точности, предохраняемых от возможных ударов. За счет регулирования винтов достигается легкая беззазорная посадка рычага 2. По мере износа центровые винты можно подтягивать и тем продлевать срок службы передачи. Чувствительность и точность передачи обеспечиваются соосностью центров, для чего они, помимо посадки по резьбе, имеют посадку по отверстиям в корпусе. Коническая часть центра не должна иметь биения более 0,01 мм относительно цилиндрической направляющей части. Для плавного регулирования центров применяют мелкую резьбу. После регулирования центры 3 должны быть обязательно законтрены при помощи контргаек 4. Центры должны иметь более высокую твердость, чем отверстия, это обеспечивает хорошую притираемость конуса центрального гнезда и уменьшает возможность появления выработки на конусе центра.

Рычаг 5, качающийся на шариках 3 (рис. 15.10, в), аналогичен рычагу на центрах. За счет уменьшения площади контакта этот шарнир более чувствителен, но в то же время менее износостоек, вследствие чего требует более частого регулирования. Центровые гнезда под шарики должны иметь угол 60° или 90° , шероховатость не более $R_a=0,16$ и твердость HRC,60.

Наиболее простой конструкцией является подвеска на одной или двух плоских пружинах 2 (рис. 15.10, г). Такая подвеска весьма чувствительна, однако может явиться источником погрешности измерения, так как нарушается положение оси рычага 1.

Вследствие неточности изготовления линейных и угловых размеров рычагов могут возникать погрешности в запроектированном передаточном отношении рычажных передач. Такие погрешности связаны с допусками на выполнение длин плеч и на их угловое расположение. Погрешности в передачах возникают также вследствие непропорциональности между линейным перемещением измерительного стержня индикатора и угловым перемещением рычага.

В общем случае погрешность передаточных устройств контрольного приспособления состоит: из погрешности ω_p , вызванной неточностью изготовления передаточных элементов, и погрешности ω_n , возникающей по причине зазоров между осями рычагов.

Погрешность рычажных передач ω_p равна сумме составляющих погрешностей:

$$\omega_p = \omega_{pд} + \omega_{py} + \omega_{pн} + \omega_{pc} + \omega_{pпр}, \quad (15.1)$$

где $\omega_{pд}$ - погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов; ω_{py} - погрешность от неточности углового расположения плеч рычагов; $\omega_{pн}$ - погрешность от непропорциональности перемещения рычагов; ω_{pc} - погрешность от перемещения точки контакта рычагов; $\omega_{pпр}$ - погрешность прямых передач.

Составляющие погрешности ω_p являются систематическими и могут быть определены расчётным путем.

Погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов

Длины плеч рычагов выполняют с определенными допусками. Так как длины и отклонения плеч неодинаковы, то перемещения концов плеч рычагов будут различными. Принимаем худшие условия, когда один конец рычага, имеющий наибольшую длину, дополнительно переместится на величину $+a_1$, а второй с меньшей длиной - на величину $-a_2$ (рис. 15.11). Тогда погрешность $\omega_{pд} = a_1 - a_2 = (l_1 - l_2)\sin\beta$. Принимая $\sin\beta = a_1/l_1$, находим $\omega_{pд} = (1 - l_2/l_1)a_1$. Отсюда следует, что наибольшая погрешность получается при изготовлении одного плеча по наибольшему предельному размеру, а другого - по наименьшему:

$$\omega_{pдmax} = (1 - l_{2min}/l_{1max})a_1. \quad (15.2)$$

Погрешность $\omega_{pд}$ может оказаться большей у рычагов с передаточным отношением 2...5.

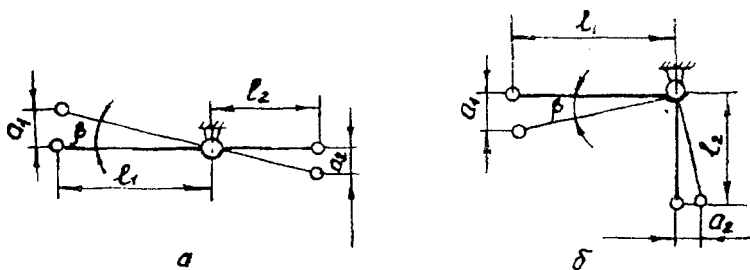


Рис. 15.11. Схема перемещения прямых (а) и угловых (б) рычагов при неточном изготовлении длины их плеч

Погрешность от неточности углового расположения плеч рычагов

В ряде случаев наблюдается погрешность углового расположения плеч рычагов на величину γ (рис. 15.12.). Погрешность передачи в этом случае может быть определена по формуле

$$\omega_{\text{py}} = a_1 - a_2 = l_1 \sin \beta - [l_2 \sin(\beta + \gamma) - l_2 \sin \gamma].$$

В случае равенства длин рычагов ($l_1 = l_2 = l$) и с учетом малости углов β и γ получим следующую расчетную формулу для определения погрешности, возникающей вследствие неточного углового расположения плеч рычагов относительно друг друга:

$$\omega_{\text{py}} = l \sin \gamma (1 - \cos \beta). \quad (15.3)$$

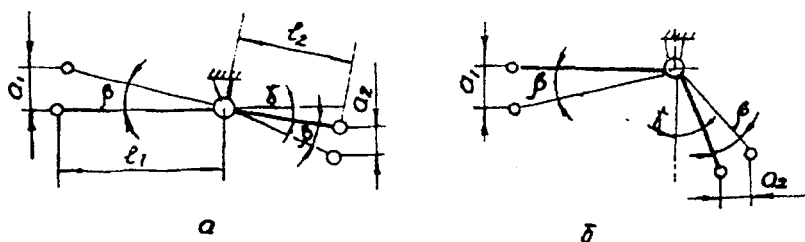


Рис. 15.12. Схема перемещения прямых (а) и угловых рычагов (б) при неточном угловом расположении их плеч между собой

Погрешность от непропорциональности перемещений рычагов

В передачах контрольных приспособлений одно плечо рычага передает движение измерительному стержню индикатора, который перемещается поступательно, в то же время плечо рычага имеет угловое перемещение (рис. 15.13). В связи с этим в рычажных передачах возникает погрешность $\omega_{\text{рп}}$ в передаточном отношении, вызываемая непропорциональностью между линейным перемещением измерительного стержня индикатора и угловым перемещением плеча рычага. Обозначим через a величину линейного перемещения измерительного

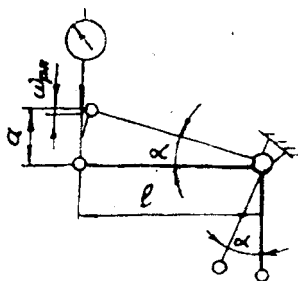


Рис. 15.13. Схема непропорционального перемещения плеча рычага и измерительного стержня индикатора

стержня индикатора при повороте рычага с плоским концом на угол α , через l – плечо рычага, тогда $a = l \text{tg} \alpha$.

Чтобы выявить погрешности в передаточном отношении рычажных передач, возникающие вследствие непропорциональности линейного перемещения рычага, разложим $\text{tg} \alpha$ в ряд Тейлора:

$$\text{tg} \alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \frac{2\alpha^5}{5} + \dots,$$

где α выражено в радианах.

Так как α значительно меньше единицы, то пренебрегая величинами пятого порядка и выше, получим

$$\text{tg} \alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3}.$$

Тогда имеем

$$a = l\alpha + \frac{l\alpha^3}{3}.$$

Второй член данного выражения является погрешностью от непропорциональности перемещений рычагов:

$$\omega_{\text{пр}} = \frac{1\alpha^3}{3} \quad (15.4)$$

Длинные рычаги имеют углы поворота, равные $1 \dots 3^\circ$.

Погрешность от перемещения точки контакта рычагов

Рабочие концы плеч рычагов выполняют обычно так, чтобы обеспечивался точечный контакт с поверхностью измеряемой детали и концом стержня измерительного прибора. Для этой цели один, а иногда и оба конца плеч у рычагов выполняют в виде сферы с радиусом $2 \dots 3$ мм или плоскими контактирующими со сферическими поверхностями. При таких схемах рычажных передач неизбежна погрешность $\omega_{\text{рс}}$, так как при повороте рычага точка контакта перемещается (рис. 15.14). Концы обоих плеч рычага плоские и имеют контакт со сферическими поверхностями с радиусом закругления r .

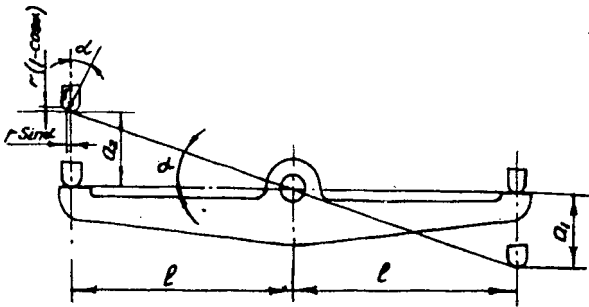


Рис. 15.14. Схема контакта плоских концов рычага со сферическими наконечниками

При повороте рычага на угол α контакт концов плеч будет различный на правом и левом концах рычага. При этих условиях в передаточном отношении будет получена погрешность $\omega_{\text{рс}}$ для равноплечих рычагов, которую найдем, определив величины

$$a_2 = l \operatorname{tg} \alpha + r(\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1),$$

$$a_1 = l \operatorname{tg} \alpha - r(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1).$$

Вследствие различного контакта концов плеч рычага будет получаться погрешность ω_{pc} в передаточном отношении. Эта погрешность определяется из следующих выражений:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{\operatorname{tg}\alpha + r(\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2\alpha} - 1)}{\operatorname{tg}\alpha - r(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\alpha} - 1)},$$

$$\omega_{pc} = \frac{a_2}{a_1} - 1. \quad (15.5)$$

Кроме указанных, возможны также другие погрешности, вызванные технологическими отклонениями и конструктивными особенностями. Однако вследствие малых перемещений рычагов большинство этих факторов не приведут к существенному увеличению погрешности ω_p .

Погрешность прямых передач

Прямые передачи играют роль буферов для предохранения индикаторов и других измерительных средств от резких толчков и ударов. Наличие такого промежуточного звена вносит незначительные погрешности в измерение, которыми иногда можно пренебречь. Это объясняется рядом причин. Диаметры стержня и втулки передачи выполняют по посадке Н7/г6. Обычно их диаметр 4...5 мм, вследствие совместной притирки максимальный зазор не превышает 0,01 мм. Ось стержня O_1O_1 может не совпадать с центром O проверяемой детали и повернуться на угол β (рис. 15.15). При перемещении стержня в процессе измерения деталей угол наклона β его оси может колебаться от нуля до максимума, что вызывает погрешность $\omega_{p,пр}$ в передаче. Погрешность будет увеличиваться по мере смещения оси измерительного стержня передачи и оси детали.

При измерении деталей с предельными размерами стержень переместится по направлению оси O_1O_1 на величину AB (рис. 15.16). Стержень индикатора при этом пройдет путь, равный AC . Согласно рис. 15.15 и 15.16, следует:

$$AB = AC \cdot \cos\beta; \quad \omega_{p,пр} = AC - AB;$$

$$\omega_{p,пр} = \frac{AB}{\cos\beta} - AB; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{D_1 - D}{H}. \quad (15.6)$$

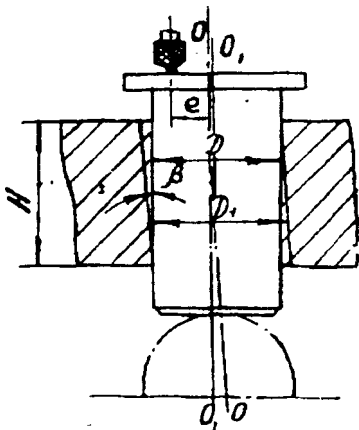


Рис. 15.15. Схема прямой передачи со стержнем, смещенным относительно оси индикатора

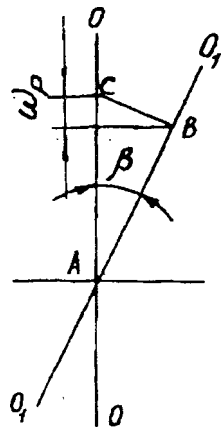


Рис. 15.16. Схема перемещения стержня прямой передачи и индикатора при несовпадении их осей.

Обычно $H = 20 \dots 25$ мм, тогда $\operatorname{tg} \beta = 0,001$. Для такого угла $\cos \beta \approx 1$. Следовательно, при этих условиях погрешность $\omega_{p,ip}$ в передаче близка к нулю.

Смещение оси измерительного стержня индикатора относительно оси стержня передачи на величину e в горизонтальной плоскости и поворот последнего во втулке на угол β также вызывает погрешность $\omega_{p,ip}$ в передаче. Величина этой погрешности $\omega_{p,ip} = e \operatorname{tg} \beta$. Обычно величина $e \leq 0,2 - 0,3$ мм. При $\operatorname{tg} \beta \leq 0,001$ максимальное значение $\omega_{p,ip} = 0,0003$ мм, что при определении точности работы передачи можно не учитывать.

Погрешность от зазоров между осями рычагов

Обычно для обеспечения надежного контакта с контролируемой деталью рычаги передач поджимают пружинами 3 (рис. 15.17). Давление пружин должно быть тщательно подобрано и отрегулировано с учётом давления измерительных средств контрольного приспособления.

В соединении рычага с осью всегда имеется зазор, который приводит к появлению погрешности $\omega_{\text{н}}$. Погрешность $\omega_{\text{н}}$ является случайной величиной и зависит от колебания зазора в соединении рычага с осью и усилия, создаваемого пружиной. Величина $\omega_{\text{н}}$ определяется экспериментально в зависимости от типа передачи. В табл. 15.1 приведены предельные значения погрешности

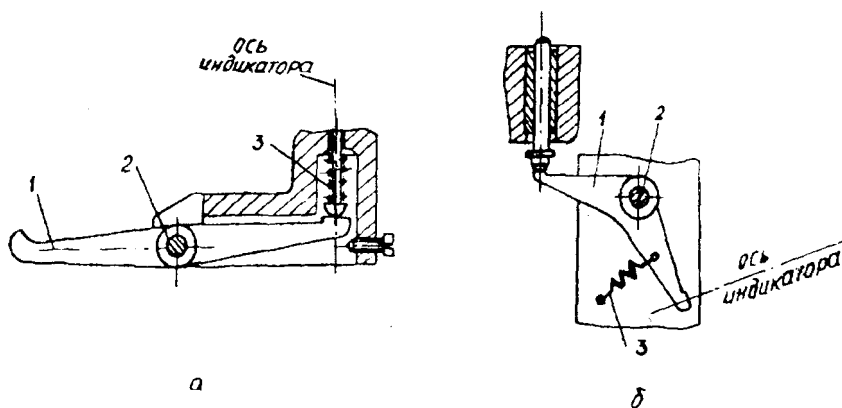


Рис. 15.17. Типы рычажных передач контрольных приспособлений: а - рычагом на оси; б - прямая в сочетании с рычажной

Таблица 15.1

Пределные значения погрешности ω_n

Тип передачи	Погрешность ω_n , мм
С рычагом на оси	0,006...0,01
Прямая в сочетании с рычажной	0,004...0,006
С рычагом в центрах	0,006...0,008
С рычагом на пластинчатых пружинах	0,003...0,006
Сложная с рычагами на осях	0,01 ...0,03

15.3. Подвижные элементы

Большинство контрольных приспособлений имеет различные подвижные элементы. Это могут быть элементы, в которых осуществляется вращение (шпинделя, центра и т. п.) или выполняется продольное перемещение (каретки и др.).

Подвижные детали, в зависимости от необходимой точности и чувствительности, могут перемещаться с трением скольжения или с трением качения. В некоторых случаях применяются конструкции с сочетанием обоих видов трения в одном узле.

Наиболее распространенная конструкция шпинделя контрольного приспособления показана на рис. 15.18. Шпиндель вращает-

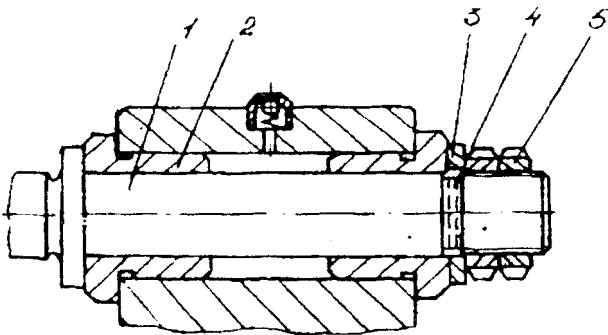


Рис. 15.18. Шпиндель цилиндрический

ся на втулках 2. От осевых перемещений шпиндель предохраняется шлифованной шайбой 3, гайкой и конргайкой 5, позволяющими точно регулировать величину осевого зазора. Втулки 2 стальные, закаленные. Посадка шпинделя 1 во втулках зависит от точности приспособления и может быть выполнена по 5...6 квалитетам или (в особо точных случаях) с индивидуальной пригонкой. Для предохранения гаек от отвертывания и обеспечения вращения шайбы 3 предусмотрен штифт 4, запрессованный в шпиндель, входящий в паз шайбы. Радиальный зазор между шпинделем и втулкой по мере износа непрерывно увеличивается. Это требует восстановительного ремонта с заменой или хромированием изношенных деталей.

На рис. 15.19 показан шпиндель, предназначенный для базирования тяжелых деталей. Хвостовик шпинделя 1 надежно центрируется во втулке 2, а его бурт, опирающийся на шарики 3, обеспечивает легкость вращения. Наличие плоских беговых дорожек 6 и отбор шариков в один размер с точностью 1...2 мкм обеспечивают высокую точность по торцевому биению.

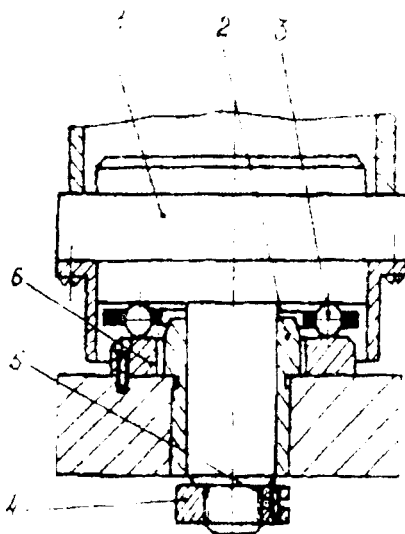


Рис. 15.19. Шпиндель на шариковой опоре

К элементам прямолинейного перемещения относятся

всевозможные планки, направляющие, скалки, каретки, столы и т. п. Точность направляющих определяется величиной боковой качки, т. е. посадкой и длиной направления.

Каретки, перемещаемые на шариках или роликах, являются наиболее чувствительными и широко применяются при проектировании контрольных приборов и приспособлений. Имеется два типа кареток: висящие на шариках и лежащие на шариках.

На рис. 15.20 показано конструктивное оформление каретки, висящей на шариках. Каретка 1 имеет на боковых сторонах две призматические канавки. Подобные же призматические канавки предусматриваются в двух направляющих планках—регулируемой 2 и неподвижной 3. Между призматическими канавками помещаются шарики 4, на которых и висит каретка. Двумя винтами 5 регулируется планка 2 для получения оптимальных условий качения шариков и перемещения каретки. Преимущество данной конструкции в том, что она легко перемещается, обладает высокой жесткостью и хорошим ограничением от смещения как в боковом, так и в вертикальном направлениях.

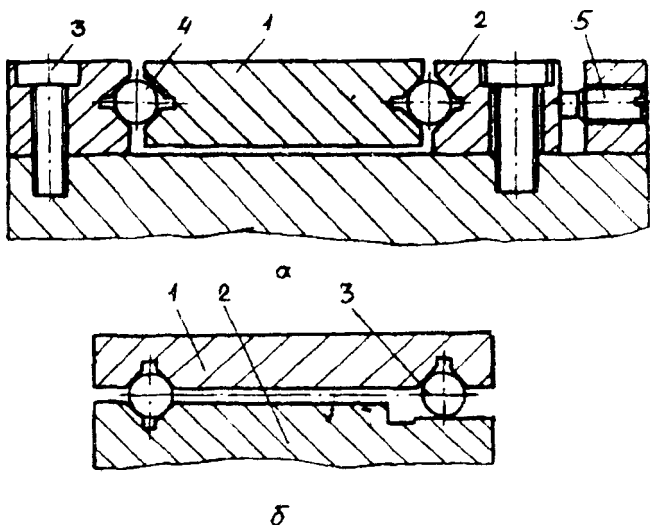


Рис. 15.20. Каретки на шариках: а — висящие; б — лежащие

Но быстрое появление зазоров и качки по мере износа требует относительно частого регулирования планки. Этого недостатка лишена каретка, лежащая на шариках (рис. 15.20,б). На верхней плоскости 1 этой каретки имеются два параллельных призматических паза. На нижней плоскости 2 плиты находятся один призматический паз и плоскость, по которой катаются три шарика: два

направляющих (между двумя призмами) и один опорный (между призмой и плоскостью). Каретка лежит на этих трех шариках и притягивается к ним пружиной, расположенной в центре тяжести опорного треугольника, вершинами которого являются центры шариков 3. Преимущество этой конструкции заключается в простоте, точности и технологичности. Благодаря этому, несмотря на износ, в каретке не возникает качка. Недостатком шариковых направляющих является то, что величина хода каретки ограничивается величиной хода шариков.

15.4. Зажимные элементы

Для надежной установки проверяемых деталей на контрольных приспособлениях применяются зажимные устройства. Они должны закреплять деталь, не вызывая при этом ее смещения и деформаций, и обеспечивать надежность установки проверяемой детали относительно измерительного устройства. Таким образом, условия работы зажимов контрольных приспособлений принципиально отличаются от условий работы зажимов станочных приспособлений, которым приходится преодолевать значительные усилия резания. В ряде случаев — при устойчивом базировании проверяемой детали на контрольном приспособлении — вообще отпадает необходимость в зажимном устройстве.

Необходимым условием является быстрота управления зажимом, что уменьшает вспомогательное время. Поэтому при проектировании контрольного приспособления рекомендуется пользо-

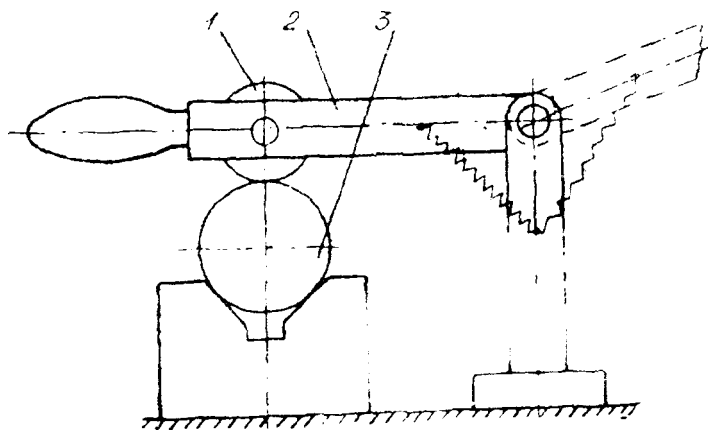


Рис. 15.21. Рычажно-пружинный зажим

ваться преимущественно быстродействующими рычажными, эксцентриковыми, байонетными и пневматическими зажимами.

Зажимные устройства, применяемые в контрольных приспособлениях, по характеру силового источника можно разделить на две группы: ручные и пневматические.

Типовой конструкцией является перекидной рычажно-пружинный зажим. Преимуществом данной конструкции является ее простота, возможность отхода прижимного рычага 2 при зажиме вращающихся деталей (вследствие их некруглости, биения и т. д.) и небольшое усилие зажима, не вызывающее деформаций проверяемой детали. Если проверяемая деталь 3 в процессе измерения должна вращаться, то зажим снабжают роликом 1 или шарикоподшипником (рис. 15.21).

Удобным и надежным является байонетный зажим (рис. 15.22), он имеет шток 1, на котором профрезерована канавка под наконечник направляющего винта 2. Канавка имеет прямой участок, расположенный вдоль оси штока, и зажимной участок, обращенный спираль с углом $4...5^\circ$ к оси штока. Конец штока, обращенный к зажимаемой детали, оснащается наконечником 3, на противоположном конце штока имеется рукоятка, при помощи которой шток перемещают в осевом направлении и поворачивают вокруг оси. Прямой участок канавки позволяет быстро подводить и отводить шток, а спиральный участок, имеющий угол спирали в пределах угла торможения, обеспечивает надежное зажатие детали.

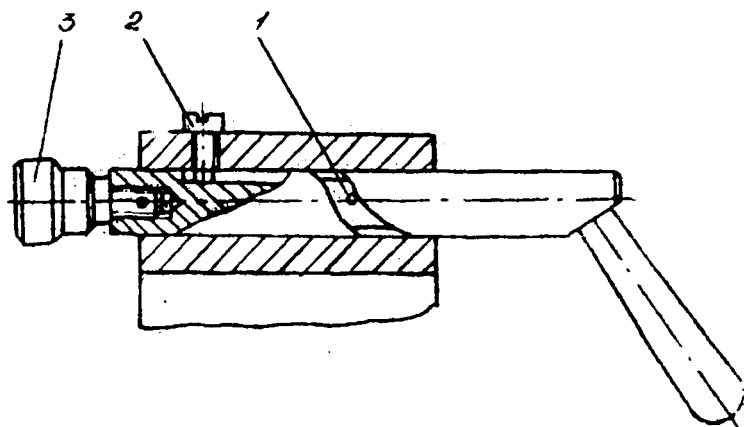


Рис. 15.22. Байонетный зажим

Часто в контрольных приспособлениях возникает необходимость центрировать и закреплять измеряемую деталь по внутреннему цилиндрическому отверстию. Для этого применяются разжимные оправки, например, с гидропластмассой, которые позволяют получить высокую точность центрирования с одновременным закреплением детали.

В центровой оправке с гидропластмассой (рис. 15.23) центрирующим элементом служит тонкостенная упругая втулка 3, напрессованная на корпус 1. Для придания оправке некоторой универсальности она снабжается сменными разрезными втулками 4, которые служат промежуточным звеном между базой детали 2 и рабочей поверхностью упругой втулки. Такая оправка используется при контроле нескольких наименований деталей, но с близкими размерами базового отверстия. При этом для каждого наименования детали ставится соответствующего размера втулка 4. Закрепление заготовки осуществляется деформацией упругой втулки 3 при создании давления в полости 5, заполненной гидропластмассой, через плунжер 6 с помощью винта 7.

При выполнении контрольной операции данная оправка вместе с закрепленной на ней деталью устанавливается в центре контрольного приспособления. Для повышения точности центрирования и увеличения долговечности оправки ее центровые гнезда 8 делают вставными из более износостойкого материала, чем материал корпуса.

При работе зажимных элементов может возникнуть погрешность закрепления ω , которая имеет случайный характер и определяется колебаниями прилагаемой силы, изменением места ее приложения, фрикционной зажимного устройства. В табл. 15.2 приведены предельные значения ω в зависимости от типа зажимного устройства.

15.5. Вспомогательные элементы

Вспомогательными элементами контрольных приспособлений называются детали, узлы и устройства, в которых закрепляются или подводятся в зону измерения измерительные головки.

Измерительными головками называются приборы, преобразующие малые перемещения измерительного наконечника (стержня) в большие перемещения конца стрелки относительно штрихов кру-

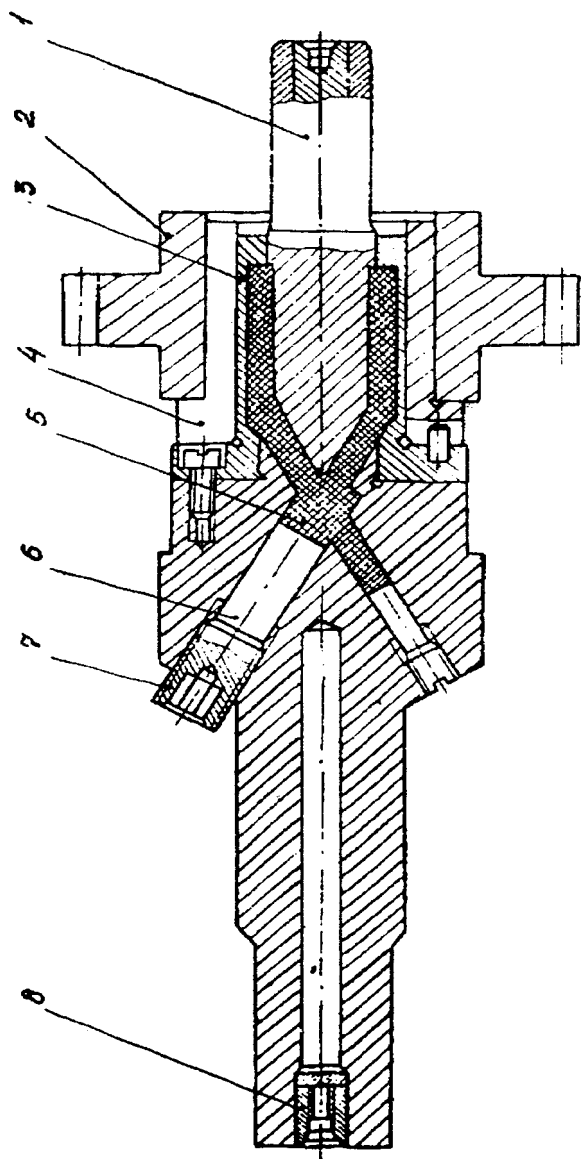


Рис. 15.23. Центровая оправка с гидроластмассой

Таблица 15.2

Предельные значения погрешности закрепления ω_3

Тип зажимного устройства	Погрешность ω_3 , мм
С байонетным зажимом	0,004...0,006
С двумя неподвижными и одним подвижным кулачками	0,015...0,09
С напгой	0,007...0,02
На оправке с гидропластмассой	0,002...0,005
С прижимным зажимом и неподвижной опорой	0,006...0,1
С двумя плоскими взаимно перпендикулярными поверхностями	0,008...0,015

говой шкалы. В зависимости от конструкции механизма, преобразующего перемещение измерительного наконечника в поворот стрелки, измерительные головки подразделяют на зубчатые, рычажно-зубчатые, рычажно-пружинные, пружинные, пружинно-оптические. В авиадвигателестроении наибольшее применение получили измерительные головки первых двух типов. На рис. 15.24 показаны внешний вид и габаритные размеры наиболее распространенных измерительных головок.

Основные типы измерительных головок-индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм: ИЧ02, ИЧ05, ИЧ10, ИЧ25 — перемещение измерительного стержня параллельно шкале, диапазоны измерений соответственно 0...2; 0...5; 0...10; 0...25 мм (рис. 15.24,а); ИТ02 — перемещение стержня перпендикулярно к шкале и диапазон измерений 0...2 мм (рис. 15.25,б).

Индикаторы типа ИЧ5 и ИЧ10 выпускаются в корпусе диаметром 60 мм, а индикаторы ИЧ2 и ИТ2 — в корпусе диаметром 42 мм.

Основными частями индикатора типа ИЧ являются циферблат 1 со шкалой, ободок 2, стрелка 3, указатель 4 члена оборотов стрелки, гильза 5, измерительный стержень 6 с наконечником 7, корпус 8, ушко 9 и головка 10 стержня. Гильза и ушко служат для крепления индикатора на стойках, штативах

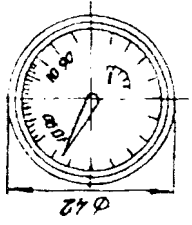
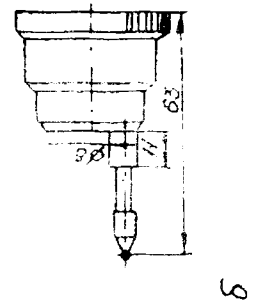
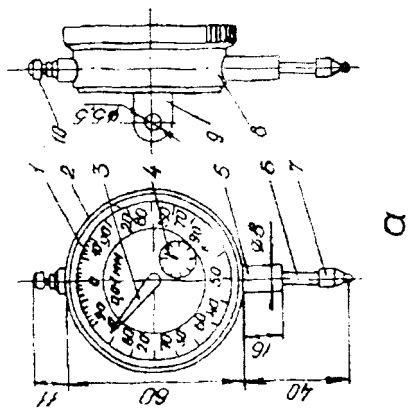
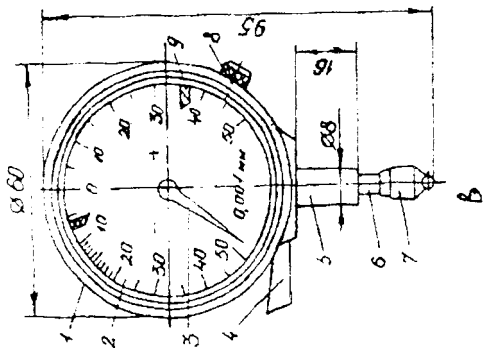


рис. 15-24. Шкала для головок: а - индикатор часового типа ИЧ; б - индикатор для дататор типа ИД; в - индикатор ИИ

и приспособлениях. Поворотом ободка 2, на котором закреплена циферблат, стрелку совмещают с любым делением шкалы. За головку 10 стержень отводят при установке детали под измерительный наконечник.

Индикаторы типа ИГ имеют такие же основные элементы и цену деления шкалы, как индикаторы ИЧ.

К рычажно-зубчатым измерительным головкам относятся индикаторы ИГ (рис. 15.24,в) и многооборотные индикаторы МИГ, выпускаемые с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Индикатор ИГ состоит из корпуса 1, циферблата 2, стрелки 3, арретира 4, соединительной гильзы 5, измерительного стержня 6, наконечника 7, указателя 9 поля допуска детали и винта 8 точной установки механизма в нулевое положение. Арретир (рычаг) необходим для подъема измерительного стержня перед установкой детали.

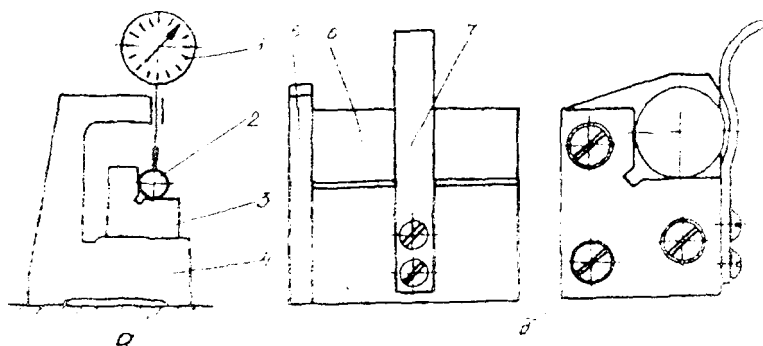


Рис. 15.25. Крепление индикатора

Правильное и надежное крепление измерительных устройств оказывает значительное влияние на точность контрольного приспособления. Крепление должно быть жестким, обеспечивать быструю установку и снятие измерительного прибора и в то же время не деформировать гильзу. На рис. 15.25 показано крепление индикатора 1 часового типа за гильзу. Гильза вставляется в разрезную втулку 2, которая находится в гнезде

кронштейна или стойки приспособления 3. Втулка обжимается винтом 4. При таком методе крепления возможно производить продольное перемещение индикатора во втулке, изменяя натяг измерительного стержня. При этом изменяется используемый участок шкалы индикатора и соответственно удлиняется срок его службы.

Во многих контрольных приспособлениях вспомогательными элементами являются стойки и штативы. Стойки имеют устройство для зажима измерительной головки и столик для установки контролируемой детали. В стойках в основном используют головки, имеющие посадочную цилиндрическую поверхность диаметром 28 мм. В отличие от стоек, штативы не имеют столиков для установки деталей и в них используются головки с посадочной цилиндрической поверхностью диаметром 8 мм.

Индикаторный штатив типа Ш-II (рис. 15.26) состоит из подставки 1 с укрепленной на ней скалкой 12. По скалке 12 в вертикальной плоскости перемещается хомут 20 с установленной в нем скалкой 2. Скалка 2 посредством сухаря 3, кольцевой пружины 9 и оси 10 связана с сухарем 8, в котором находится ось 4. В сухаре 3 посредством винта 21, пружины 22 и гайки 23 закрепляется планка 5, в которой с помощью винта 7 зажимается индикатор 6. Крепление хомута 20 на скалку 12 осуществляется посредством втулки 16, болта 15, пружины 18 и гайки 19. При этом гайка 19 воздействует на хомут 20 через шайбу 17. Таким образом, грубое регулирование положения ножки индикатора в вертикальном положении осуществляется хомутом 20 при раскреплении гайки 19. Аналогичным образом производится регулирование положения оси индикатора в горизонтальной плоскости путем перемещения скалки 2 в хомуте 20. Точное положение ножки индикатора в вертикальной плоскости регулируется с помощью тяги 11 гайкой 14, которая упирается в ось 4. Между гайкой 14 и скалкой 2 находится шайба 13. Данная конструкция индикаторного штатива обладает большой универсальностью и позволяет регулировать положение ножки индикатора в трех плоскостях.

Индикаторная стойка (рис. 15.27) широко используется в конструкциях контрольных приспособлений. В корпусе 3 перемещается стойка 2. От выпадания стойки из корпуса предохраняет планка 1, которая закреплена на корпусе винтами 15. На стойке расположен хомут 4, в котором посредством винта 8 закрепляется индикатор. Ножка индикатора упирается в рычаг 7.

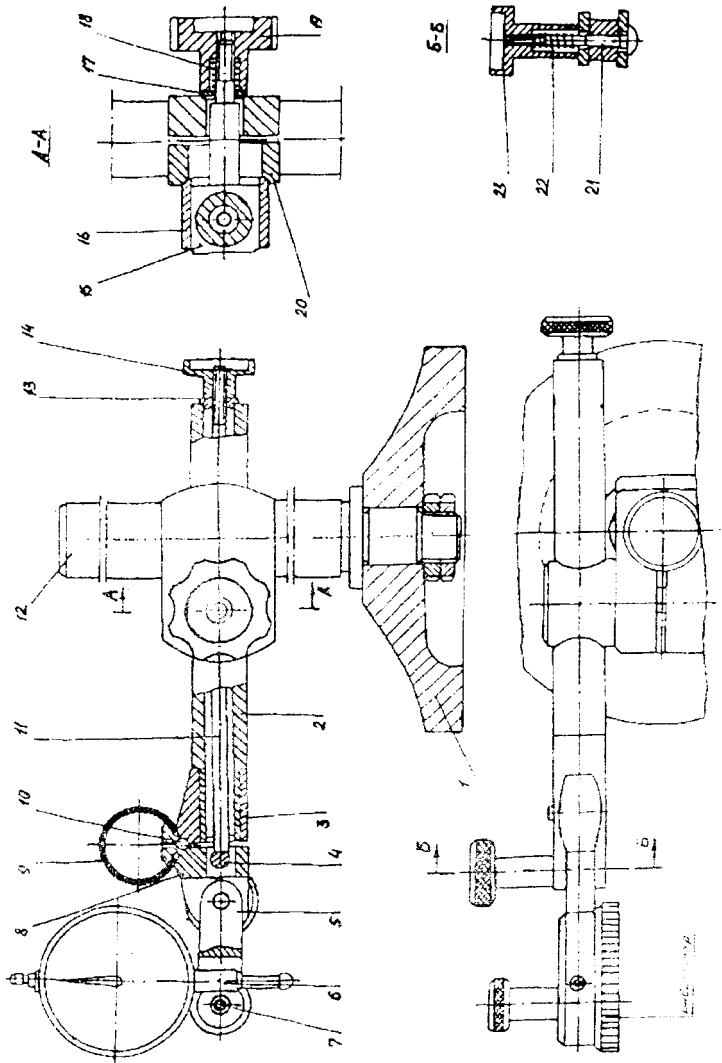


Рис. 15.26. Пневмопробиточный аппарат типа ПП-11

который под действием пружины 6, закрепленной на стойке винтом 5, всегда находится в крайнем левом положении. Это крайнее положение ограничивается винтом 9. Рычаг 7 имеет возможность поворота вокруг оси 13, которая закреплена на стойке с помощью винтов 11, гаек 10 и шариков 14. Регулирование положения стойки 2 относительно корпуса в вертикальном направлении осуществляется винтом 12.

Данная конструкция индикаторной стойки применяется в приспособлениях в том случае, когда нельзя напрямую к измеряемой поверхности подвести индикатор. Индикаторная стойка широко используется при контроле биений внутренних цилиндрических поверхностей. При этом измерение осуществляется в направлении, перпендикулярном направлению движения головки индикатора.

Аналогичным образом работает двусторонняя индикаторная измерительная головка, в которой направления измерения и движения головки индикатора лежат во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 15.28).

В корпусе головки 14 с наружным размером $\varnothing 25 \times 8$ установлена втулка 5, в которой перемещается шток 6. С одной стороны шток 6 контактирует с ножкой индикатора 8, а с другой стороны под действием пружины 3 упирается в пальцы 2, которые закреплены на рычаге 1. Рычаг 1 является чувствительным элементом головки и имеет возможность поворота на определенный угол относительно оси 12, которая закреплена в корпусе с помощью винтов 10 и шариков 11. Для исключения раскрепления винты 10 заstopорены винтами 9. Втулка 5 в корпусе 14 закреплена шестью винтами 13, которые расположены в два ряда по окружности через 120° . Винт 4, установленный в корпусе и втулке, предотвращает проворачивание штока вокруг собственной оси. Индикатор 8 в головке крепится с помощью цапгового зажима 7. Снизу индикаторная головка закрыта крышкой 15, в которой имеется прорезь для рычага 1, который выступает над крышкой на 3 мм. При работе нестабильность показаний индикаторной головки не превышает 0,005 мм.

К вспомогательным элементам относятся также подводимые и регулируемые опоры, которые используются при установке валов и корпусных деталей, подобно опорам, используемым в станочных приспособлениях.

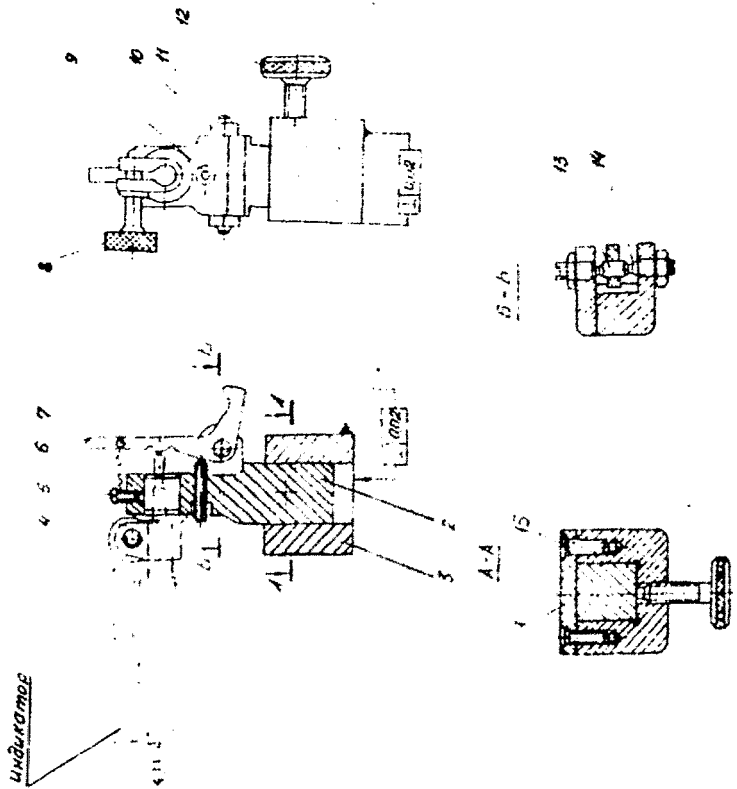


Рис. 13.27 Индикаторная стойка

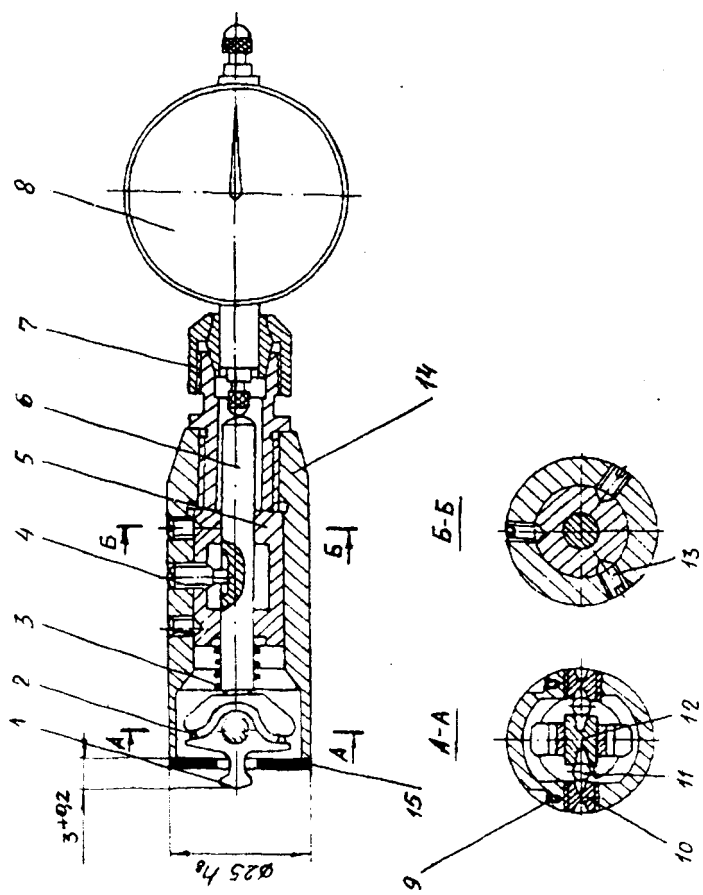


Рис. 15.28. Измерительная головка индикаторная двусторонняя

Очень часто контрольные операции выполняются в центрах, которые устанавливаются в центровых бабках. В этом случае центровые бабки играют роль вспомогательных элементов приспособлений. Центровые бабки с высотой центров $H=80$ мм (рис. 15.29) имеют подвижный и неподвижный центры 5. Перемещение центра правой бабки влево осуществляется пружиной 9, а в обратном направлении рычагом 10, который вращается вокруг оси 11. Крепление пиноли 6 с центром относительно правой бабки 7 происходит с помощью тангенциального зажима 15, 16, шайбы 14 и рукоятки 13.

Неподвижный центр 5 левой бабки устанавливается во втулке 4, которая винтом 3 крепится к бабке 2. Крепление бабок к плите осуществляется болтом 17. Обе бабки закрываются пробками 1 и 12. Для предотвращения вращения пиноли 6 правой бабки служит винт 8. Центровые бабки стандартизованы и выпускаются разных типоразмеров.

15.6. Определение остальных составляющих суммарной погрешности измерения

Составляющие погрешности установки

Погрешности изготовления установочных элементов и их расположения на корпусе приспособления $\omega_{\text{у}}$.

В авиадвигателестроении многие детали изготавливаются с высокой точностью. Часто точность размеров, погрешностей взаимного расположения поверхностей контролируемых деталей не превышает 0,01...0,03 мм. Вследствие этого даже малые погрешности изготовления установочных узлов контрольных приспособлений имеют нередко существенное значение. Поэтому рабочие поверхности установочных узлов изготавливают с допусками 0,001...0,005 мм, а по расположению поверхностей выдерживают следующие требования: непараллельность и перпендикулярность не выше 0,01 мм на длине 100 мм, смещение от номинального положения не выше $\pm 0,003$ мм.

Действительные отклонения в размерах установочных элементов являются величинами постоянными и могут быть определены после изготовления и аттестации контрольного приспособления.

Погрешность смещения измерительной базы детали от заданного положения $\omega_{\text{д}}$.

Эта погрешность является величиной случайной и возникает в результате неточности совмещения измерительных базовых поверхностей контролируемых деталей с рабочими поверхностями

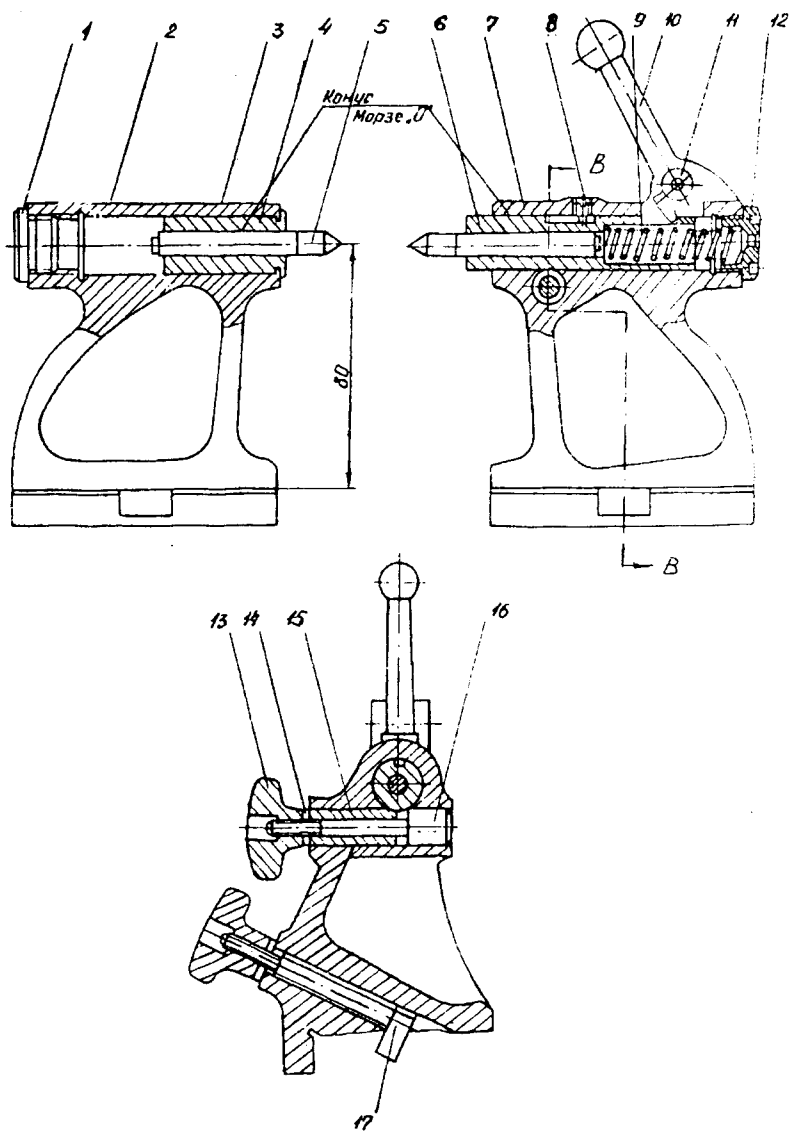


Рис. 15.29. Бабки центровые

ми установочных элементов приспособления. Это несовмещение происходит из-за деформации стыковых поверхностей установочного узла и контролируемой детали под действием измерительного усилия. Погрешности от измерительного усилия могут быть разделены на три вида: погрешности, возникающие в результате упругих деформаций в зоне контакта измерительного наконечника приспособления с контролируемой деталью; погрешности, возникающие в результате упругих деформаций детали, исключая зону контакта; погрешности, появляющиеся в результате упругих деформаций установочного узла и деталей приспособления.

При измерениях первые два вида погрешностей определяются величиной действующего в момент измерения усилия, а третий — разностью этого усилия и усилия, действовавшего при установившемся показывающего прибора приспособления наполь.

Величина контактной деформации в месте соприкосновения измерительного наконечника с поверхностью детали зависит от материала наконечника и детали, их формы и измерительного усилия. Для наконечника из твердого сплава с радиусом закругления 2,0 мм при значении измерительного усилия 5...10 Н величина деформации по закаленной стали не превышает 0,0009...0,0012 мм.

При измерении деталей небольшого поперечного сечения, расположенных на двух опорах или консольно, а также при контроле тонкостенных деталей возможен их прогиб под действием измерительного усилия. Если имеются опасения, что величина прогиба может быть сопоставлена с допустимой погрешностью измерения, необходимо произвести расчет по формулам сопротивления материалов.

Под деформацией установочных узлов приспособлений от измерительного усилия понимают деформацию стоек или штативов, где установлен показывающий прибор. Для используемых в приспособлениях стоек и штативов величина прогиба при нагрузке в 2 Н не превышает 0,0002...0,0005 мм.

Таким образом, при расчетах значение погрешности δ можно принимать в пределах 0,001...0,002 мм.

Составляющие погрешности установочных мер

Погрешности от установочных мер или установочных образцов вносят ошибку в результаты измерения, когда определяют размер детали относительным методом. Если для настройки какого-либо измерительного приспособления используют цилиндрический валок, то погрешность определения его раз-

мера войдет систематической ошибкой в результаты измерения деталей. Однако если этот валок имеет еще и погрешность геометрической формы, то величина вносимой систематической ошибки будет иметь случайный характер.

Систематическая погрешность, учитывающая отклонения установочных размеров от номинальных ω_n .

Установочные меры используются либо в виде плоскопараллельных концевых мер длины, либо в виде аттестованных деталей, являющихся полным или частичным прототипом контролируемой.

Одной из основных частей погрешности, вносимых при использовании концевыми мерами длины, является погрешность их аттестации, т. е. когда принимается действительный размер с определенной достоверностью. Возникают также погрешности от притирки, которые для некоторых концевых мер превышают погрешность аттестации.

Для размеров до 500 мм погрешность от притирки составляет до 0,5 мкм. Для ряда измерений такие ошибки являются существенными и соизмеримы с погрешностями разрядной аттестации. Для малых размеров погрешность притирки в несколько раз больше, чем погрешность аттестации. Указанное обстоятельство обязывает сделать вывод, что концевые меры 1-го и 2-го разрядов должны применяться только в виде отдельных мер, например, для аттестации относительным методом более грубых разрядов, а также для настройки приборов, но без сборки их в блок. Погрешность блоков для размеров от 10 до 500 мм для 1-го и 2-го разрядов концевых мер составляет: $\omega_n = 0,2 \dots 0,7$ мкм.

Погрешность при отклонении установочных мер от правильной геометрической формы ω_n .

С точки зрения метрологии погрешность геометрической формы детали приводит к тому, что у детали нет одного размера и по контролируемому параметру она имеет бесчисленное множество размеров, отличающихся друг от друга. Отклонения от правильной геометрической формы оказывают влияние на погрешность измерения в той мере, в какой при разовом измерении можно определить размер контролируемой фигуры.

При измерении образцовых настроечных деталей оценка и настройка по случайному размеру приводит к тому, что прибор настраивается на случайный размер, и если он оказался не-

верным, то ошибка отразится на всех последующих измеренных размерах. Поэтому для установочных деталей необходимо нормировать искажения геометрической формы в тех пределах, в каких этими искажениями можно пренебречь.

При случайности выявления размера детали в случае наличия в ней отклонений от требуемой геометрической формы вносимые в результате погрешности не всегда равны полной величине искажения формы. В табл. 15.3 приводятся возможные погрешности при различных видах отклонений формы.

Погрешность метода измерения ω_m .

Погрешность ω_m , свойственная данному методу измерения, зависит от многих факторов, в том числе от конструктивных особенностей приспособления, погрешности измерительных средств (показывающих прибор), классификации контролеров, условий эксплуатации приспособлений и т. д. Как уже отмечалось ранее, ω_m является величиной случайной.

Таблица 15.3

Возможные погрешности $\omega_{мс}$ от отклонений геометрической формы

Вид погрешности формы	Часть отклонений формы, влияющая на погрешность
Овальность и огранка четкая	0...1
Огранка нечеткая	1
Волнистость	0...1
Конусность (измерение в среднем сечении)	0,5
Конусность (измерение на концах)	0...1
Бочкообразность (измерение в среднем сечении)	0
Бочкообразность (измерение на концах)	1
Корсетность (измерение в среднем сечении)	1
Корсетность (измерение на концах)	0
Изогнутость оси	0

Погрешность измерительных средств

Тип показывающего прибора	Предельная погрешность при измерении, мкм
Индикатор часового типа с ценой деления 0; 01 и пределом измерений 1 мм	$\pm 7,2$
То же и пределом измерений 5 мм	$\pm 10,6$
То же и пределом измерений 10 мм	$\pm 13,2$
Индикатор многооборотный с ценой деления 0,001 мм	$\pm 3,5$
Нутромер индикаторный с ценой деления 0,01 мм и пределом измерений 10...18 мм	± 6
Нутромер индикаторный с ценой деления 0,002 мм и пределом измерений 18...50 мм	$\pm 3,5$

Наибольшая доля погрешности метода ω_3 приходится на погрешность измерительных средств. В табл. 15.4 представлены погрешности наиболее часто применяемых в приспособлениях измерительных средств.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие группы элементов входят в состав контрольных приспособлений?
2. Каково назначение и конструкция базирующих элементов?
3. Какие составляющие входят в погрешность установки?
4. На какие группы подразделяются передаточные элементы?
5. Что такое погрешность передаточных устройств?
6. Как конструктивно выполняются подвижные элементы для вращения или линейного перемещения деталей?
7. Какова конструкция зажимных элементов приспособлений, которые центрируют и закрепляют деталь одновременно?
8. Что такое измерительная головка?
9. Что относится к вспомогательным элементам контрольных приспособлений?
10. Что понимается под погрешностью установочных мер?
11. Что относится к погрешности метода измерения?

Глава 16. Приспособления для контроля отклонений линейных размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей

16.1. Конструкции приспособлений для контроля отклонений линейных размеров деталей

Для контроля линейных размеров (диаметров, длин, глубин, толщин и т. п.) наряду с универсальными средствами измерения (штабеленци инструментами, микрометрами, штангмассами, индикаторными скобами, нутромерами и др.) и калибрами широко применяются и специальные приспособления, позволяющие повысить точность, достоверность и производительность контроля.

Рассмотрим некоторые конструкции приспособлений для контроля отклонений линейных размеров в различных деталях.

Показанная на рис. 16.1 универсальная индикаторная скоба состоит из линейки 6, в пазах которой находятся корпуса 1 и 5, где расположены направляющие 2 и 8. В направляющей 8 установлен жесткий упор 9, а в направляющей 2 размещена измерительная вставка 11, рычаг 10, шток 4 и державка 3 с индикатором.

При настройке скобы для контроля заданного размера отверстия передвигают корпуса 1 и 5, а соответственно и направляющие 2 и 8 с упором 9 и измерительной вставкой 11. Корпуса закрепляют винтами 12. Направляющие устанавливают на высоте и закрепляют их винтами 7. Настройку осуществляют по соответствующему эталонному кольцу, при этом стрелку индикатора устанавливают на нулевое деление. При контроле скоба опирается линейкой 6 на торец детали и по показанию индикатора фиксируют отклонения измеряемого диаметра от эталонного размера.

При использовании скобы для контроля наружного диаметра детали направляющие 2 и 8 поворачивают на 180° . Настройку осуществляют так же, как и при измерении отверстия. В этом случае в качестве эталона используют наружный диаметр эталонного кольца или эталон-стержень.

Приспособление для контроля отклонения радиуса сферы от номинального размера показано на рис. 16.2. Оно состоит из основания 1, в котором на осях 2 поворачивается планка 4 с закрепленным в ней индикатором. Винты 5 позволяют осуществлять регулировку на заданный размер контролируемого радиуса и установить ось индикатора перпендикулярно опорной

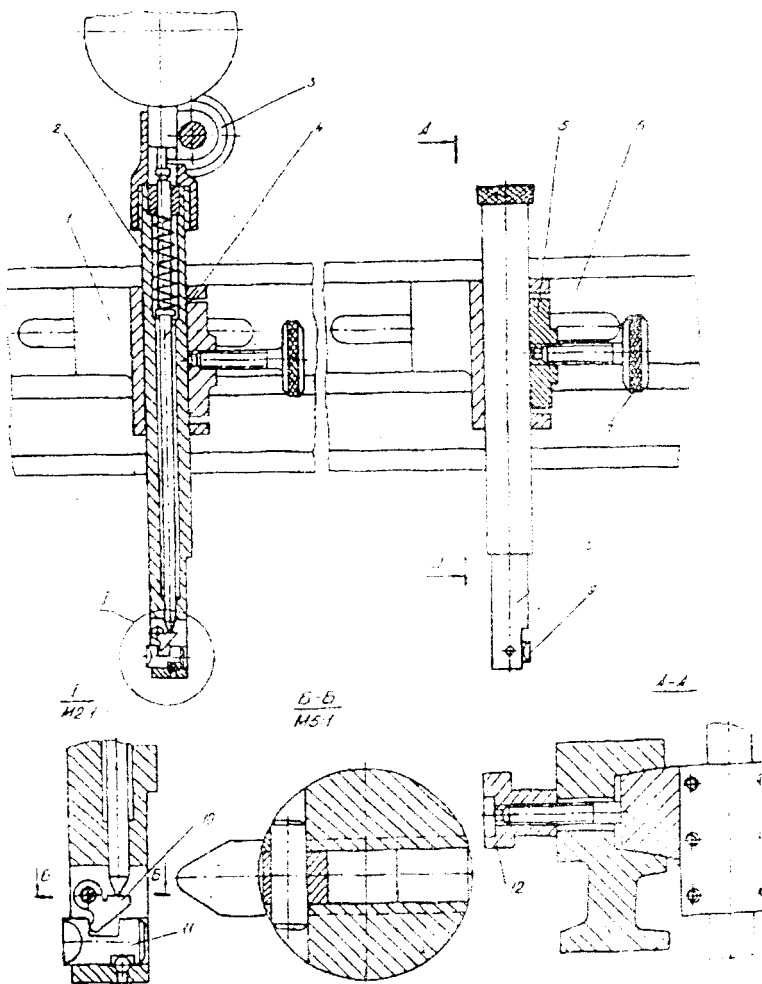


Рис. 16.1 Универсальная индикаторная скоба для контроля внутренних и наружных диаметров в интервале 250...290 мм

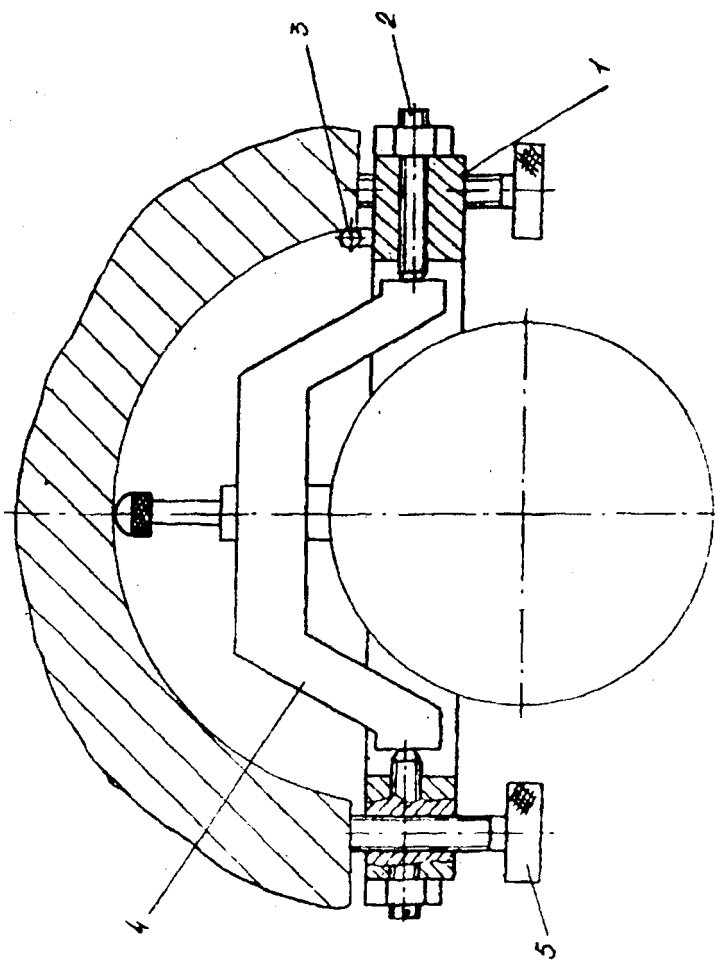


Рис. 16.2. Приспособление для контроля радиуса сферы

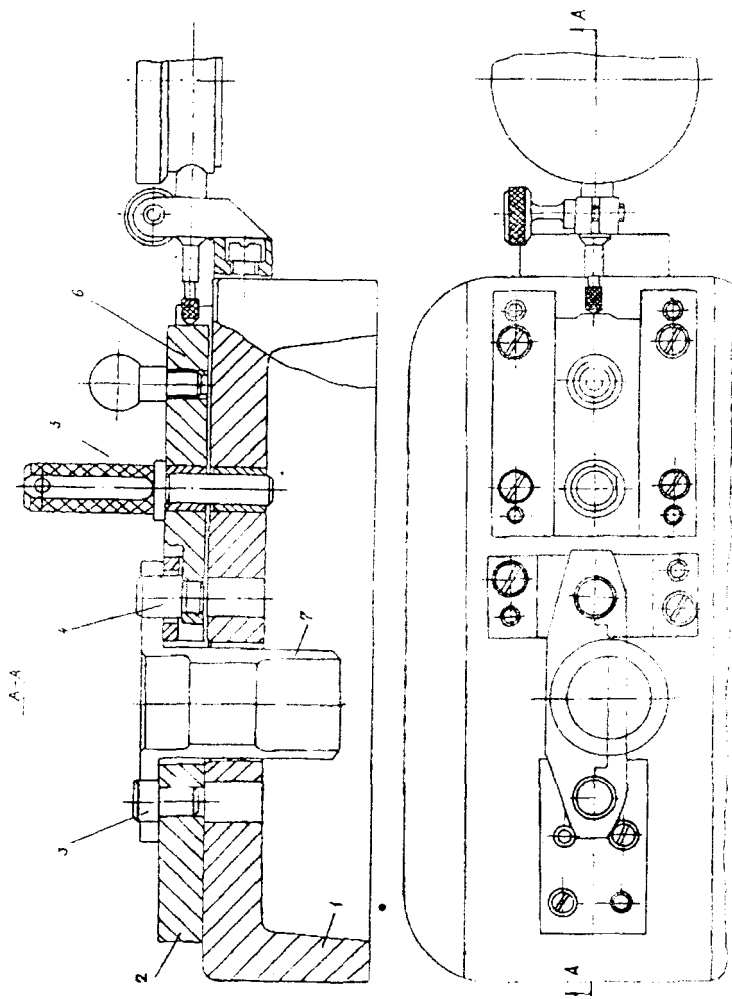


Рис. 16.3. Прибор для контроля межсидового расстояния

поверхности контролируемой детали. Установка приспособления по сфере выполняется с помощью двух упоров 3. Настройка приспособления производится по эталону.

Контроль межосевого расстояния двух отверстий у деталей типа «фланец» осуществляется с помощью приспособления, показанного на рис 16.3. Оно состоит из основания 1, подставки 2, каретки 6. Для контроля деталь 7 устанавливается по базовому отверстию на палец 3 с упором в торец. В противоположное отверстие детали входит мерительный щуп 4. Номинальное межосевое расстояние между пальцем 3 и щупом 4 устанавливается с помощью фиксатора 5. При этом индикатор устанавливается на «0», что соответствует номиналу межосевого расстояния. После удаления фиксатора 5 происходит расфиксирование каретки 6. Перемещение каретки в одну и другую сторону до упора щупа 4 в образующую отверстия дает отклонение индикатора $+\delta_1$ и $-\delta_2$. Сумма показаний $\Delta\delta$, деленная пополам, и есть фактическое отклонение межосевого расстояния.

16.2. Приспособления для контроля отклонений формы поверхности деталей

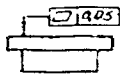
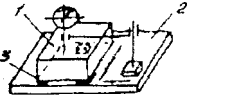
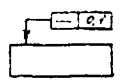

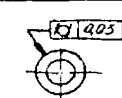

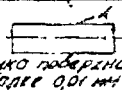

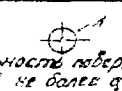
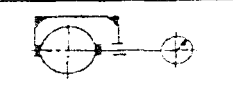
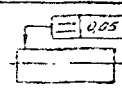
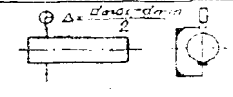

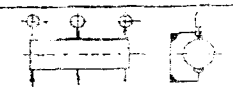
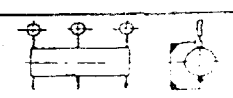
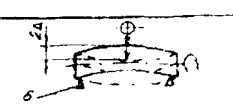
Точность формы цилиндрических, конических, плоских и других поверхностей имеет исключительно важное значение для правильного выполнения деталями своих функций в конструкции узла или изделия и оказывает большое влияние на качество изделий. При отсутствии в чертеже указаний о предельных отклонениях формы поверхностей эти отклонения ограничиваются полем допуска на размер.

Отклонения от правильной геометрической формы весьма реальной поверхности (ограничивающей тело и отделяющей его от окружающей среды) или реального профиля (сечение реальной поверхности плоскостью) от формы геометрической поверхности или геометрического профиля. Отсчет отклонения формы производится от прилегающей поверхности (плоскость, цилиндр) или прилегающего профиля (прямая, окружность). Шероховатость поверхности при рассмотрении отклонений формы исключается.

Отклонения от правильной геометрической формы весьма разнообразны и вызываются различными погрешностями технологической системы. Виды отклонений формы для плоских и цилиндрических поверхностей и примеры измерения отклонений формы приведены в табл. 16.1.

Таблица 16. 1

Виды отклонений формы поверхностей и схемы их контроля

Наименование отклонения	Условное обозначение	Схемы измерений отклонения
Отклонение от плоскостности (неплоскостность)		
Отклонение от прямолинейности (непрямолинейность)		
Отклонение от круглости (некруглость)		
Огранка	 Огранка поверхности А не более 0,01 мм	
Овальность	 Овальность поверхности А не более 0,05 мм	
Отклонение профиля поворота сечения цилиндрической поверхности		
Конусообразность	Конусообразность поверхности А не более 0,05 мм	
Седлообразность	Седлообразность поверхности А не более 0,05 мм	
Бочкообразность	Бочкообразность поверхности А не более 0,05 мм	
Изогнутость	Изогнутость поверхности А не более 0,05 мм	

Неплоскостность можно контролировать на поверочной плите 2 с помощью стойки с измерительной головкой. Деталь 1 выверяется так, чтобы три точки проверяемой поверхности, не лежащие на одной плоскости и по возможности наиболее удаленные друг от друга, находились на одинаковом расстоянии от поверочной плиты. Это делается с помощью подкладок 3. Считается, что при этом прилегающая плоскость параллельна плоскости поверочной плиты. Неплоскостность определяется как наибольшая разность показаний измерительной головки в различных точках проверяемой поверхности.

Непрямолинейность определяется путем записи профилограммы в проверяемом сечении. На профилограмме проводится прилегающая прямая, от которой отсчитываются отклонения; наибольшее из отклонений определяет непрямолинейность. При этом штатив с индикатором 4 передвигается вдоль контролируемой поверхности детали в нескольких сечениях отмечают показания индикатора.

Некруглость, огранка и овальность проверяют с помощью приборов-кругломеров, а также контролем в кольце 5 или призме 6.

Конусообразность определяется как разность диаметров, измеренных по краям продольного сечения детали, а бочкообразность и седлообразность — по краям и в середине сечения. Проверку производят с помощью универсальных средств измерения диаметров.

Изогнутость определяется с помощью измерительной головки при вращении детали на двух разнесенных поперечных опорах. Колебание показаний головки равно удвоенной величине изогнутости.

Контроль отклонений формы поверхностей универсальными средствами измерения не всегда обеспечивает требуемую точность контроля и высокую производительность. В авиационном двигателестроении часто используют контрольно-измерительные приспособления для проверки отклонений формы поверхности различных деталей. Рассмотрим некоторые конструкции приспособлений для контроля отклонений формы поверхностей деталей.

Показанное на рис. 16.4 приспособление состоит из контрольной стойки 4 с индикатором 1 и сменной наладки 3 (рис. 16.4,а). Сменная наладка (рис. 16.4,б) включает призму 6, упор 5 и прижимную пружину 7. При контроле наладка 3 устанавлива-

ется на столик стойки 4, в нее ставится контролируемый валик 2 и подводится под индикатор. При вращении валика в призме по показаниям индикатора определяют отклонение формы.

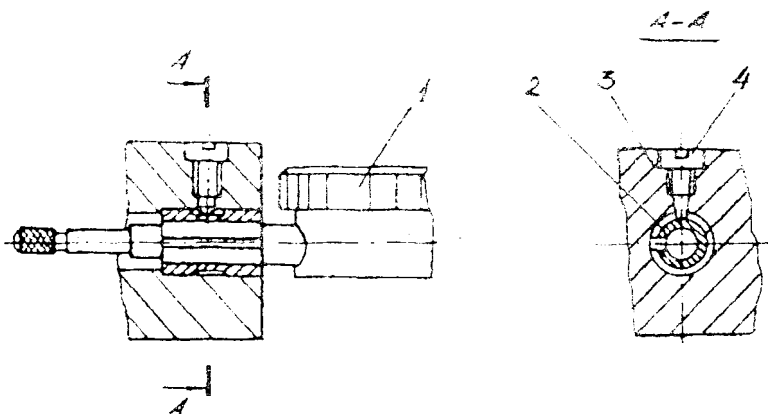


Рис. 16.4. Универсальное приспособление для контроля отклонений формы у деталей типа «валик»

Приспособление, представленное на рис. 16.5, предназначено для контроля неплоскостности торцов деталей типа «кольцо». Приспособление состоит из основания 1, плиты 2, рычага 7, стойки 5, миллиметра 6. При контроле деталь устанавливается торцом на поверхность «А» плиты 2 и центрируется по двум упорам 4 так, чтобы щуп 3 находился в зоне торца детали. При вращении детали вокруг своей оси происходит перемещение щупа 3 и рычага 7, которые передаются на миллиметр 6, по показаниям которого определяется отклонение торца детали от плоскостности. Универсальность приспособления осуществляется за счет передвижения упоров 4 на соответствующий размер контролируемого кольца.

В приспособлении для контроля формы открытой внутренней сферической поверхности, показанном на рис. 16.6, корпус 1 выполнен в виде части сферы с диаметром, равным номинальному диаметру контролируемой детали. При вращении корпуса по контролируемой поверхности подпружиненный измерительный наконечник 2 (предварительно выставленный на ноль), соприкасаясь с последней, показывает отклонение формы от номинального положения. Измерительный наконечник поджимается к контролируемой сфере пружиной 5, для его направления служат втулки 8, которые запрессованы в переходник 4. Поворот устройства осуществляется рукояткой 3, замер — с помощью индикатора 6. Крепление переходника 4 и индикатора 6

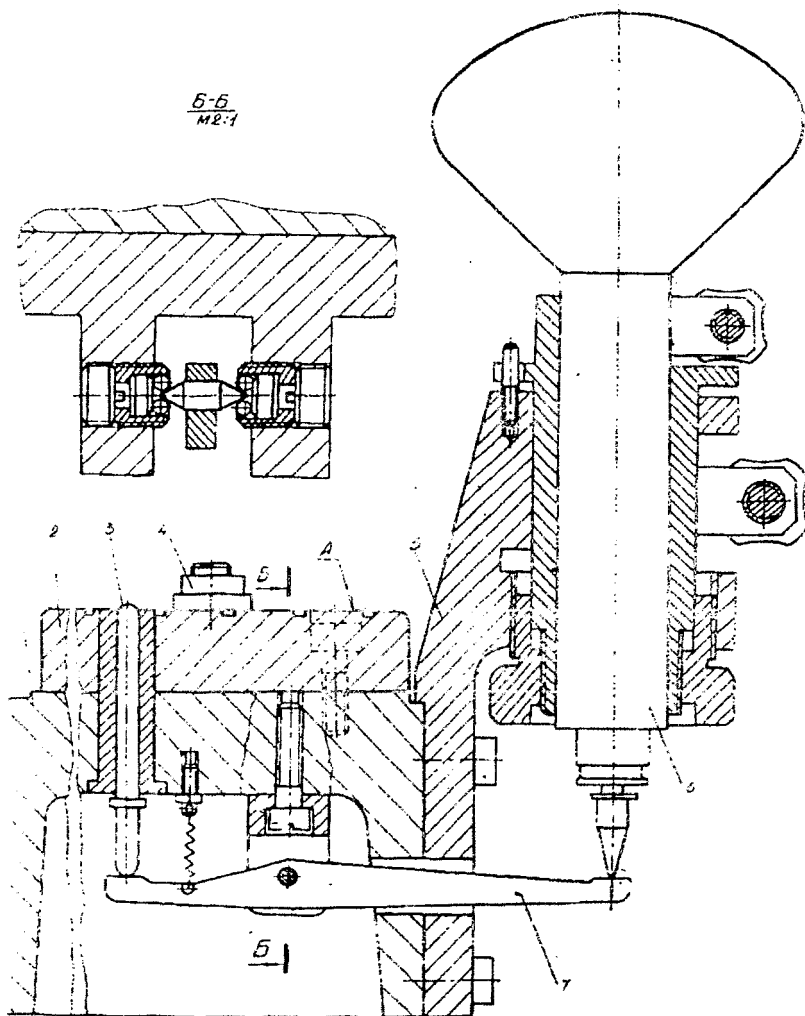


Рис 16.5. Универсальное приспособление для контроля
плоскостности торцов деталей типа "кольцо"

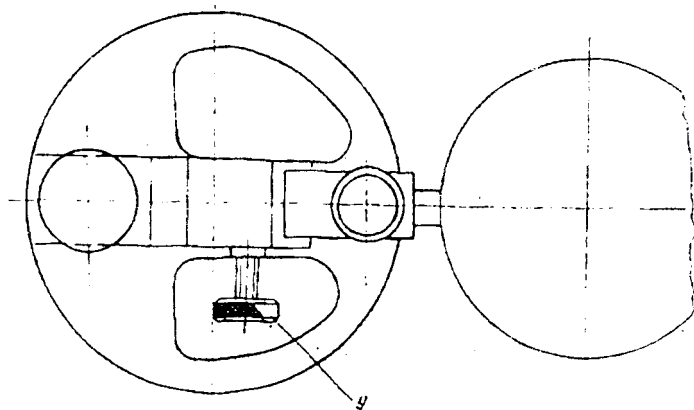
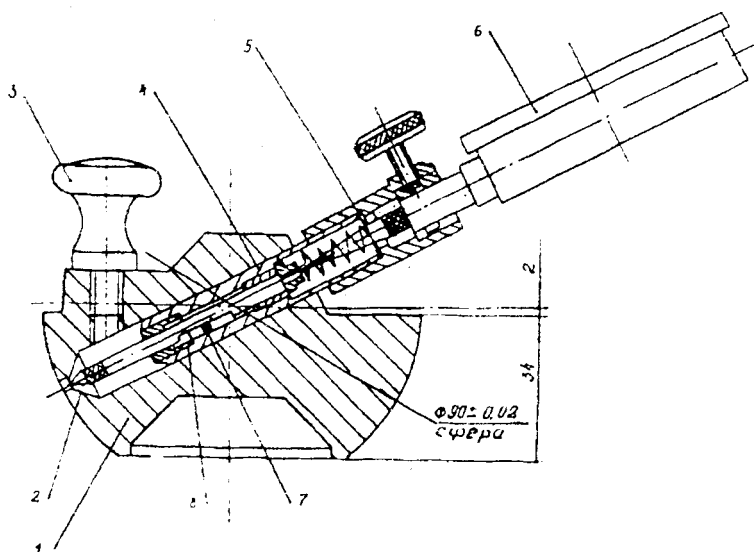


Рис 16.6. Приспособление для контроля формы открытой внутренней сферической поверхности

осуществляется винтами 9. Ограничение перемещения накопчика 2 происходит с помощью штифта 7.

16.3. Приспособления для контроля отклонений взаимного расположения поверхностей деталей

Под отклонением расположения поверхностей понимается отклонение от номинального расположения рассматриваемой поверхности, ее оси или плоскости симметрии относительно базовых поверхностей, или отклонение от номинального взаимного расположения рассматриваемых поверхностей. Виды отклонений расположения поверхностей и схемы измерения отклонений приведены в табл. 16.2.

Непараллельность плоскостей определяется разностью наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями на заданной площади или длине. Для проверки непараллельности плоскостей деталь 1 устанавливается базовой поверхностью на поверочной плите 2, относительно которой определяется разность размеров на заданной длине с помощью измерительной головки.


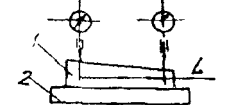
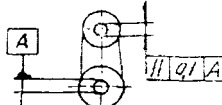
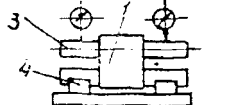

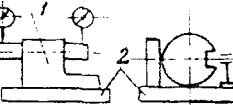
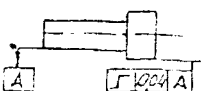
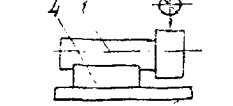
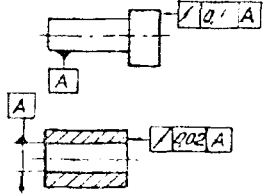
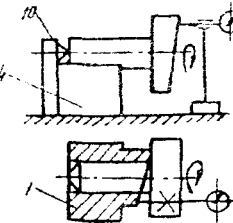
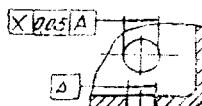
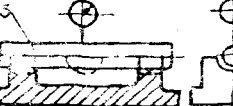
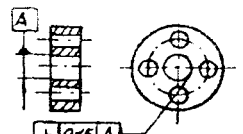
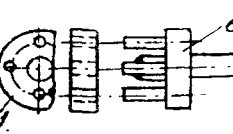
Непараллельность осей поверхности вращения практически определяется в одной плоскости как разность расстояний между осями на заданной длине. Непараллельность и перекос осей могут быть определены с помощью индикаторного прибора. Деталь 1 при этом устанавливается на призмах 4 и выверяется так, чтобы базовая ось была параллельна плоскости поверочной плиты. Для контроля непараллельности осей отверстий применяются индикаторные приспособления с контрольными оправками 3, которые вводятся в проверяемые отверстия. Для исключения влияния изменения диаметров отверстий в пределах установленных на них допусков применяют ступенчатые оправки, подбор оправок по градациям диаметров или самоцентрирующиеся оправки.

Непараллельность оси поверхности вращения и плоскости определяется как разность расстояний между прилегающей плоскостью и осью поверхности вращения. Для контроля непараллельности оси отверстия и плоскости деталь 1 устанавливается базовой поверхностью на поверочную плиту 2 и с помощью стойки с индикатором измеряется разность расстояний от плоскости до контрольной оправки.

Несоосность относительно базовой поверхности — это расстояние между осью базовой поверхности и осью рассматриваемой поверхности или расстояние между этими осями в заданном сечении. Несоосность относительно базовой поверхно-

Таблица 16.2

Отклонение расположения поверхностей и схемы измерений

Наименование отклонения	Условное обозначение	Схемы измерения отклонений
Непараллельность плоскостей		
Непараллельность осей поверхностей вращения		
Непараллельность оси поверхности вращения и плоскости		
Несоосность относительно базовой поверхности		
Торцовое биение		
Непересечение осей		
Смещение оси от номинального расположения		

сти определяется обычно измерением радиального биения проверяемой поверхности в заданном сечении или в крайних сечениях при вращении детали вокруг оси базовой поверхности, устанавливаемой на призме 4 или в центрах, при этом величина радиального биения вдвое больше величины несоосности.

Торцевое биение определяется как разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной к базовой оси вращения. Если диаметр не задан, то биение определяется на наибольшем диаметре торцевой поверхности. Торцевое биение является результатом перпендикулярности торцевой поверхности к базовой оси и отклонения формы торца по линии измерения. Торцевое биение вала относительно наружной цилиндрической поверхности может контролироваться по разности показаний измерительной головки при установке и вращении вала на базовой поверхности в призмах 4 с фиксацией в осевом направлении упором 5.

Смещение осей от номинального расположения определяется наибольшим расстоянием между действительным и номинальным расположением оси (плоскости симметрии) на всей длине рассматриваемой поверхности. Если заданы базы, то номинальное расположение определяется относительно баз. Предельное смещение осей плоскостей симметрии от номинального расположения можно контролировать калибром 6, измерительные поверхности которого имеют размеры, определенные с учетом предельного смещения, и расположение, совпадающее с номинальным расположением контролируемых поверхностей. Рассмотрим некоторые типовые конструкции приспособлений для контроля взаимного расположения поверхностей деталей.

Приспособление для контроля биений диаметров деталей типа «втулка» (рис. 16.7) состоит из плиты 1 с закрепленным на ней кронштейном 3. Кронштейн 3 в зависимости от размеров контролируемых втулок может перемещаться по пазу к плите 1. На кронштейне 3 установлен рычаг 2, с помощью которого измеряется биение внутренних диаметров втулки. Перемещение рычага 2 передается на индикатор. Для замера биения наружных диаметров втулки имеется второй индикатор, который установлен на индикаторном штативе 4. Контролируемая втулка 6 устанавливается на переходнике с двумя роликами 5. Переходник 7 крепится на плите 1 в отверстии диаметром D гайкой.

Для контроля биения предназначено приспособление, состоящее из плиты 6 и каретки 4, которая перемещается по на-

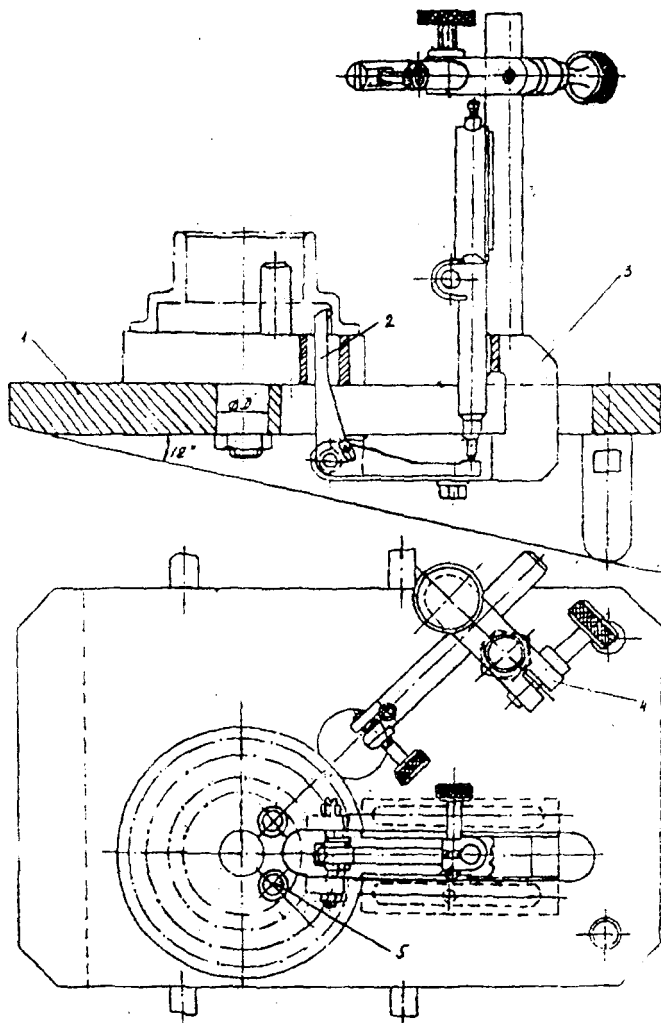


Рис. 16.7. Приспособление для контроля биений диаметров деталей типа "втулка"

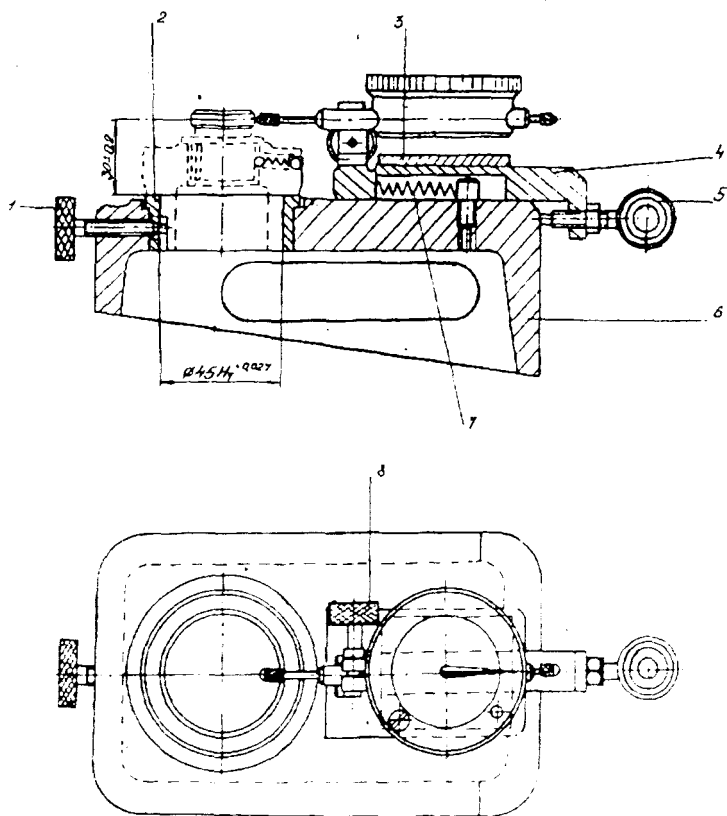


Рис. 16 8. Приспособление для контроля биения

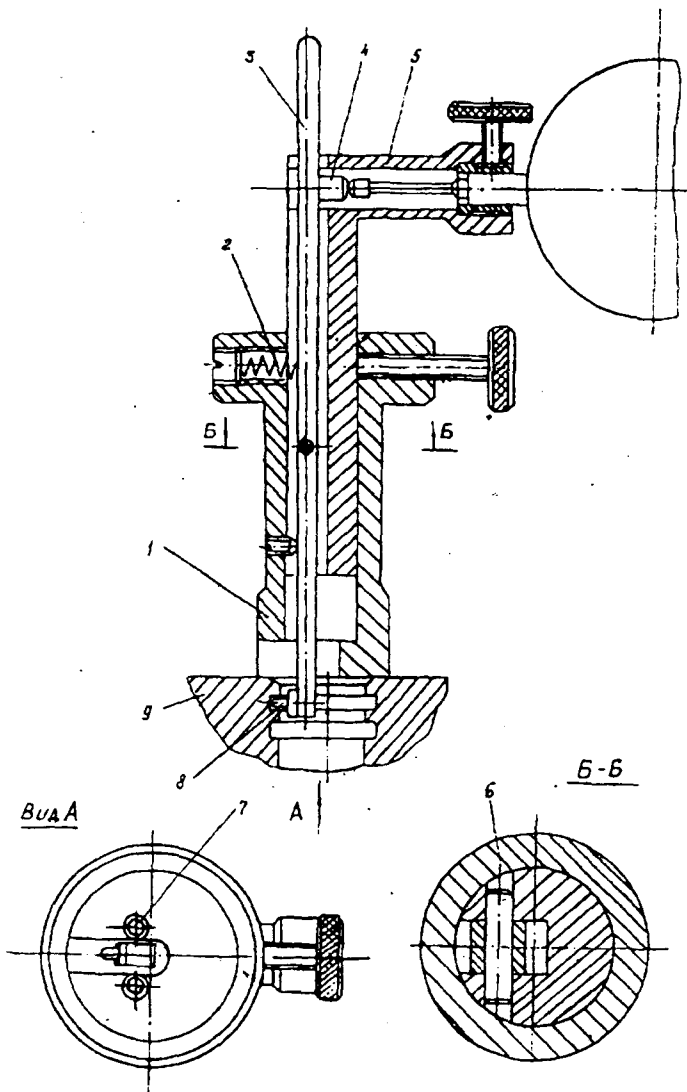


Рис. 16.9. Приспособление для контроля биения канавок
относительного базового отверстия

правляющим 3 (рис. 16.8). Положение каретки регулируется с помощью установочного винта 5 и пружины 7. В каретке установлен индикатор, который крепится на ней винтом 8. Контролируемая деталь устанавливается на переходнике 9, который с помощью винта 1 закрепляется на втулке 2.

Приспособление для контроля биения канавок относительно базового отверстия, показанное на рис. 16.9, состоит из корпуса 1, штока 5, рычага 3 с наконечниками 4 и 8, пружины 2 и двух роликов 7. Шток 5 с рычагом имеет возможность перемещаться вдоль своей оси в корпусе 1, что позволяет устанавливать наконечник 8 в нужную канавку. Плечи рычага выполнены одинаковыми. Рычаг вращается на оси 6. Перемещение наконечника 4 фиксируется индикатором. Установка корпуса по базовому отверстию детали 9 осуществляется роликами 7.

Неперпендикулярность образующей внутренней цилиндрической поверхности относительно торца проверяется приспособлением, конструкция которого представлена на рис. 16.10. Корпус 1 имеет три установочные поверхности (А, Б и В), которые устанавливаются на торец контролируемой детали, и два упора 4 для установки по внутреннему диаметру. Отклонение образующей внутренней поверхности детали 5 от перпендикулярности к торцу фиксируется штоком 3 и передается с помощью рычага 2 на двухмикронные индикаторные часы. Поджимая приспособление поверхностями А, Б и В к торцу и упорами 4 к поверхности внутреннего диаметра, вращают приспособление вокруг своей оси. При установке индикатора на «0» поворот детали на 180° показывает двойное отклонение. Для повышения чувствительности приспособления при контроле рычаг 2 сделан разноплечим. Соотношение плеч 1:8.

Для контроля неперпендикулярности от оси поперечного отверстия относительно наружного диаметра у деталей типа «валлик» предназначено приспособление, изображенное на рис. 16.11. Оно состоит из основания 1, призмы 5, рычага 6, стойки 2, индикатородержателя 3. При контроле неперпендикулярности в отверстие валика вставляется палец 4, по которому и определяется отклонение от перпендикулярности. Для определения фактического отклонения необходимо деталь 7 с пальцем повернуть на 180° и показание индикатора разделить пополам. До поворота на 180° индикаторные часы необходимо установить на ноль.

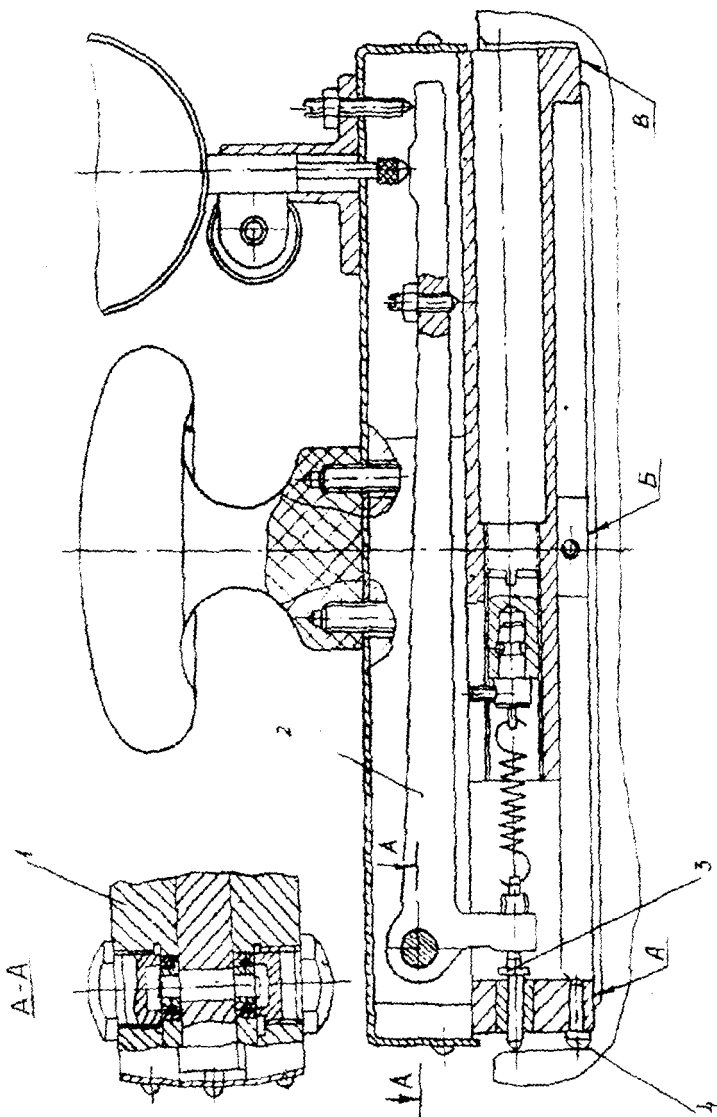


Рис. 16.10. Приспособление для контроля перпендикулярности обрабатываемой наружной поверхности относительно торца детали

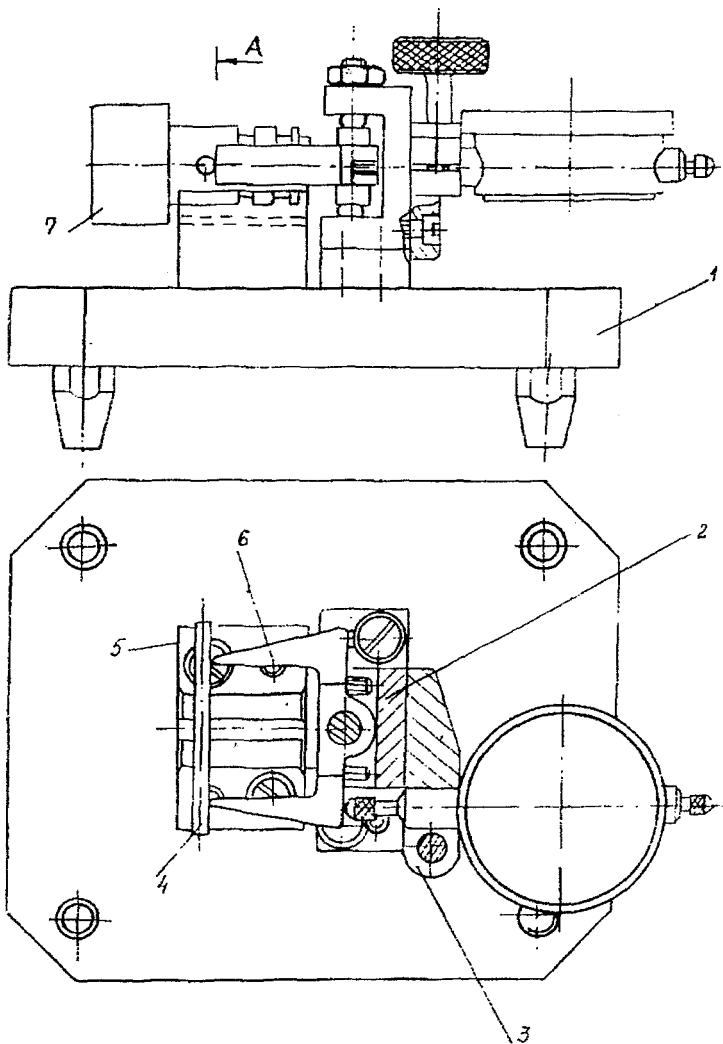


Рис. 16.11. Приспособление для контроля перпендикулярности радиального отверстия к наружному диаметру детали

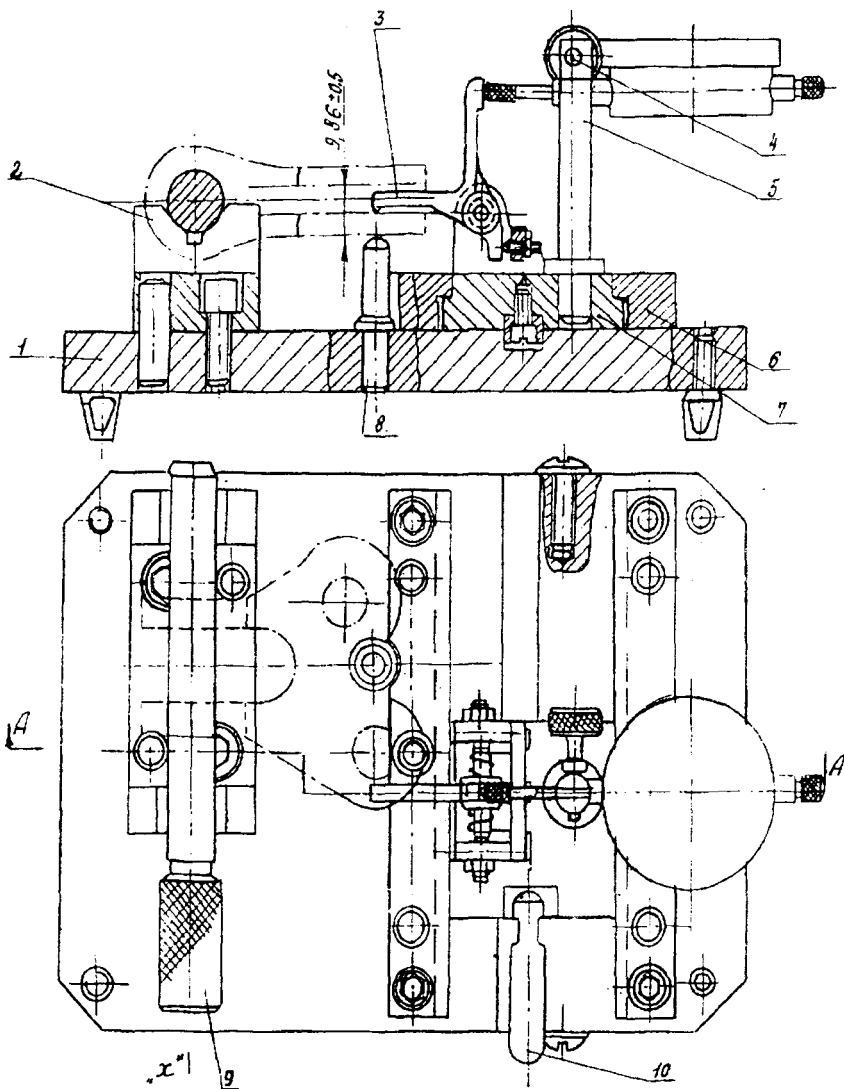


Рис.16.12. Специальное приспособление для контроля непараллельности плоскости паза относительно оси отверстия детали

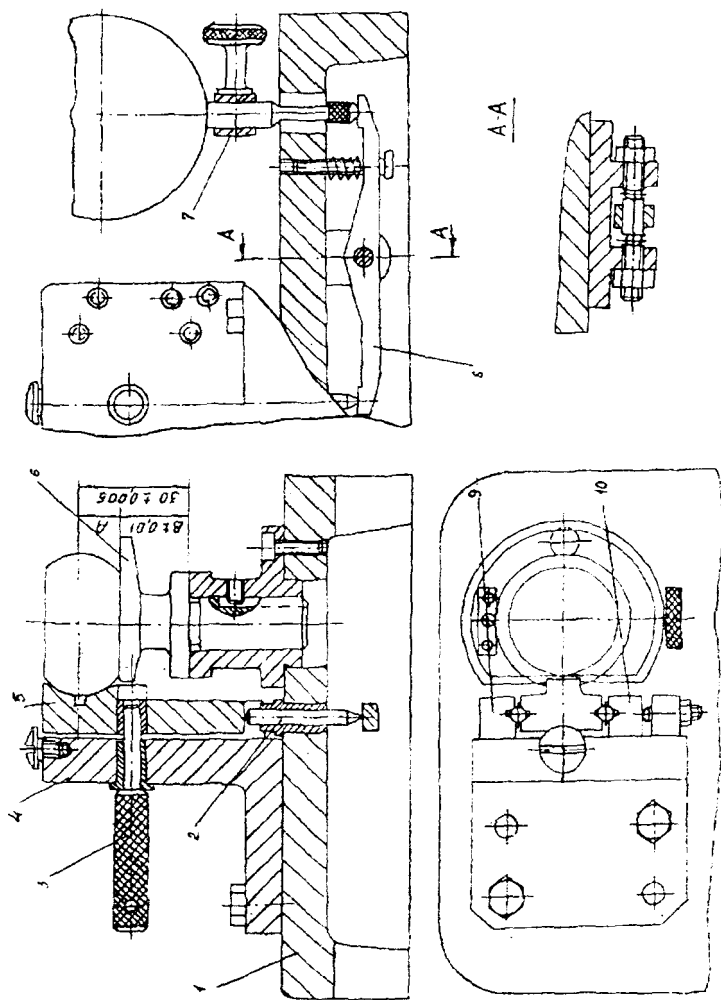


Рис. 16.13. Приспособление для контроля смещения сферы относительно торцов

Для замера непараллельности плоскостей у детали «серьга» нользуются специальным контрольным приспособлением (рис. 16.12), которое состоит из следующих основных деталей — плиты 1, установленных на ней призмы 2, упора 8, каретки 7, направляющих планок 6 и стойки 5. Серьга с помощью оправки 9 устанавливается на призме 2 с фиксацией по упору 8. При перемещении каретки 7 с помощью ручки 10 вдоль направляющих планок 6, рычагом 3 и индикатором, который закреплен винтом 4 на стойке 5, осуществляется замер непараллельности плоскости паза относительно оси детали «серьга». Вторая сторона плоскости паза у серьги проверяется поворотом детали вместе с оправкой 9 на 180° . Контакт рычага 3 с плоскостью паза осуществляется по точке.

Для контроля у деталей смещения сферы относительно торцов предназначено приспособление (рис. 16.13), в состав которого входят: основание 1, столик 6, призма 5, стойка 4 с фиксатором 3, рычаг 8, индикатородержатель 7. Призма 5 имеет возможность перемещаться в вертикальном направлении по направляющим 9 и 10. Перемещение призмы передается через толкатель 2 рычагу 8, а затем на индикатор. С помощью съемного фиксатора 3 призма 5 устанавливается на размер А относительно опорной поверхности столика 6 в зависимости от размера В. На индикаторе устанавливается деталь 0. При контроле деталь торцом ставится на столик 6, при этом призма 5 устанавливается по сфере детали, перемещаясь вверх или вниз. Сняв и повернув деталь на 180° , ее базируют по другому торцу. При этом призма занимает другое положение, которое фиксируется индикатором. Для определения истинного смещения сферы относительно торцов показание индикатора необходимо разделить пополам.

Для контроля пересечения двух перпендикулярных осей отверстий картера служит приспособление (рис. 16.14), состоящее из корпуса 3 с центрирующим диаметром $\varnothing H6$ и углового ($45^\circ \pm 1'$) калибра 2, на котором установлен индикатородержатель 5. Приспособление работает совместно с цилиндрической оправкой 4. Контроль происходит следующим образом. В базовое отверстие вставляется цилиндрическая оправка 4, а в контролируемое отверстие—центрирующий элемент 3 с калибром 2, который своей угловой поверхностью ($45^\circ \pm 1'$) упирается в образующую поверхность оправки 4. При этом на индикаторе устанавливается «0». Потом корпус 3 вынимается и вместе с калибром 2 поворачивается относительно вертикальной оси на 180° и снова вставляется в отверстие. При этом в зависимости от расположения осей калибр 2 установится выше или ниже первоначального положения, что зафиксирует индикатор. Величина смещения осей будет равна половине показания индикатора.

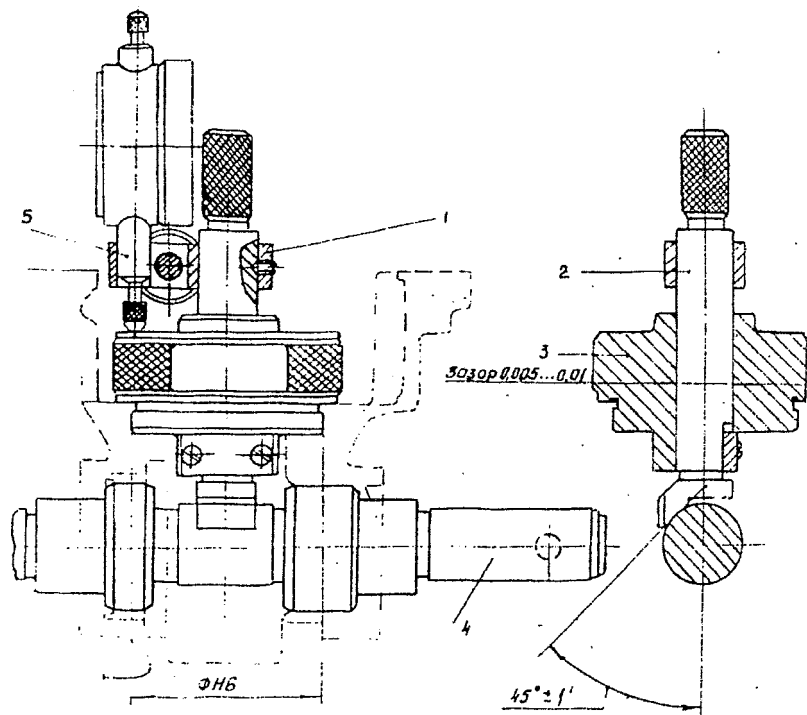


Рис. 16.14. Приспособление для контроля пересечения двух осей отверстий картера

Вопросы для самоконтроля

1. Как осуществляется измерение размеров индикатором часового типа?
2. Виды отклонений формы поверхностей деталей.
3. Схемы измерения отклонений.
4. Виды отклонений расположения поверхностей деталей и схемы их измерения.

Глава 17. Переналаживаемые, многомерные контрольные приспособления и контроль деталей на станках с ЧПУ

17.1. Переналаживаемые приспособления

Стабильность качества изготовления изделий в значительной мере зависит от уровня оснащённости технологических процессов специальной контрольно-измерительной оснасткой, обеспечивающей точный и производственный контроль деталей на рабочем месте. Однако большая номенклатура деталей изделия, их частая сменяемость и жесткие сроки подготовки производства ограничивают количество проектируемой и изготавливаемой специальной контрольной оснастки. Значительным резервом повышения оснащённости технологических процессов, существенного сокращения сроков и стоимости изготовления оснастки является широкое применение унифицированных переналаживаемых средств измерения.

Переналаживаемые контрольные приспособления предназначены для контроля определенной заданной группы деталей. В группе может быть два или несколько наименований однотипных деталей.

Переналаживаемые приспособления состоят из базового приспособления и комплекта сменных наладок. Базовое приспособление по отношению к заданной группе деталей является универсальным, а сменные наладки—специальными, так как они предназначены для установки определенного наименования контролируемой детали в приспособлении. Число сменных наладок соответствует числу деталей разных наименований, входящих в группу. При проектировании и изготовлении переналаживаемого приспособления одновременно создают базовое приспособление и комплект сменных наладок. Большое значение для снижения стоимости и сроков изготовления контрольных приспособлений имеет увеличение применяемости в них стандартных и унифицированных деталей и узлов. При эксплуатации переналаживаемых

приспособлений после контроля данной партии деталей одного наименования приспособление перенастраивают, т. е. устанавливают другую наладку, предназначенную для контроля следующего наименования детали.

Перенастраиваемые приспособления находят широкое применение в мелкосерийном производстве. Поскольку в приспособлении контролируют параметры нескольких наименований деталей, то даже при малой программе выпуска изделий в год общее число контролируемых деталей значительно возрастает, что позволяет проектировать более производительные приспособления. Основными показателями эффективности применения перенастраиваемых приспособлений являются: уменьшение количества контрольных приспособлений; повышение производительности и качества контроля; малые затраты времени на переналадку; большой срок службы до ремонта; удобства эксплуатации. Перенастраиваемые контрольные приспособления могут успешно использоваться для контроля любых точностных параметров деталей.

В качестве примера рассмотрим конструкцию перенастраиваемого контрольного приспособления (рис. 17.1). Контролируемая втулка 20 устанавливается на сменной подставке 18, которая крепится к плите 1 с помощью пальца 2, гайки 14 и шайбы 15. Втулка закрепляется на подставке гайкой 13 через быстросменную шайбу 19. Механический датчик, выполненный в виде рычага 3 с упором 12, передает измерительный импульс на индикатор 22. Индикатор крепится на ползуне 4 зажимом 7 через вставку 6. Поворот рычага 8 осуществляется на оси 11, а ограничение его перемещения регулируется винтом 9 и гайкой 10. Рычаг 3 и индикатор 22 перемещаются в вертикальной плоскости с помощью ползуна 4, который по направляющим типа «ласточка хвост» смещается относительно стойки 5. Фиксация ползуна в стойке осуществляется винтом 21. Для установки на контрольном столе в ящику 1 приспособления установлены четыре ножки 8. В комплект приспособления входят сменные подставки других габаритов, которые фиксируются на плите шпилькой 16 через быстросменную шайбу 17. Каретка 23 передвигается в направляющих планках 24.

17.2. Многомерные контрольные приспособления

Многомерные контрольные приспособления применяются в том случае, когда возникает необходимость контролировать отклонения нескольких геометрических параметров детали одновременно. Часто при контроле деталей авиационных двигателей приходится проверять отклонения ряда поверхностей (торцевое и радиальное биение) относительно одной базовой. При одновременном контроле могут быть получены более достоверные результаты измерения.

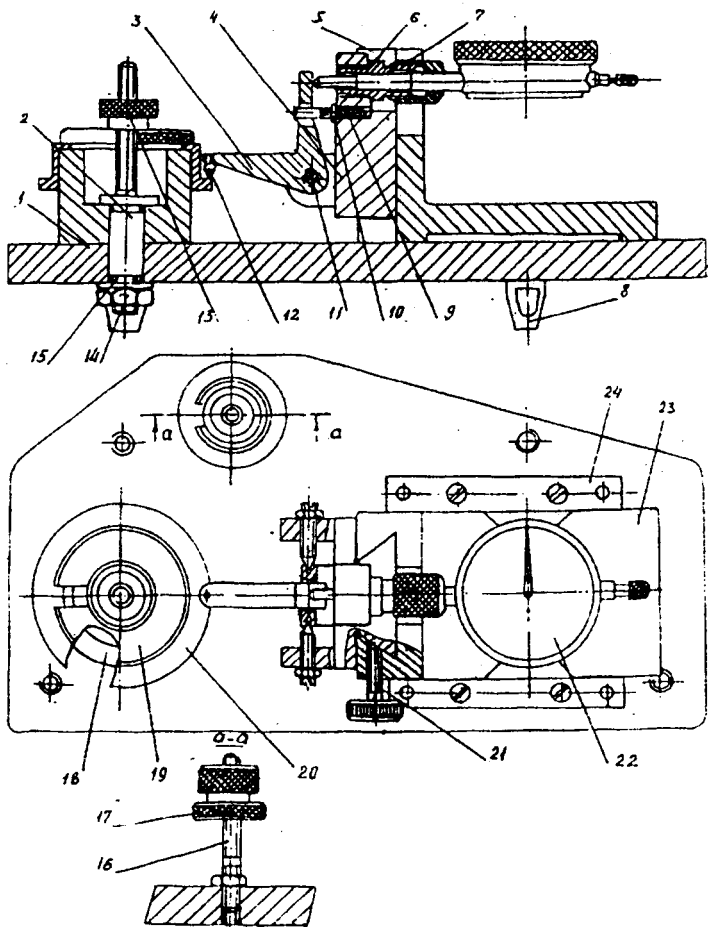


Рис. 17.1. Унифицированное приспособление для контроля размеров втулки

Одновременный контроль отклонений нескольких геометрических параметров значительно повышает производительность процесса измерения. Повышение производительности контроля очень важно для деталей сложной формы с большим количеством измеряемых параметров. Кроме этого, применение многомерных приспособлений позволяет существенно сократить общий объем контрольно-измерительной оснастки, применяемой в производстве двигателей летательных аппаратов.

Рассмотрим многомерное приспособление для контроля радиального и торцевого биений наружной и внутренней поверхностей относительно базового отверстия (рис. 17.2). Оно устанавливается на деталь 1 и с помощью цапги 8 на ней фиксируется. Для этого вращают гайку 6 и винт 7, имеющий конический хвостовик, разжимает цапгу. Планка 5 имеет возможность вращаться относительно цапги, причем зазор в соединении не превышает 0,005 мм. На планке с помощью стандартных зажимов закреплены два индикатора 4 и 9. Индикатор 4 через рычаг 2, который поворачивается на оси 3, фиксирует радиальное биение внутреннего диаметра. Индикатор 9 непосредственно касается измеряемой поверхности и фиксирует ее торцевое биение.

При контроле индикаторы выставляются на ноль и планка поворачивается на 180°. При этом индикаторы зафиксируют двойное отклонение контролируемой величины. При определении годности детали показания индикаторов необходимо разделить пополам. Данное приспособление удобно в эксплуатации и позволяет осуществлять контроль детали непосредственно на станке.

17.3. Контроль параметров обрабатываемых заготовок на станках с ЧПУ

Станки с ЧПУ характеризуются достаточно высокой точностью позиционирования рабочих органов, поэтому здесь широкое применение нашел способ контроля обрабатываемых заготовок непосредственно на станке. Система управления состоит из измерительного щупа, установленного в шпинделе станка типа «обрабатывающий центр», в револьверной головке или на столе станка, и системы обработки полученной информации и выдачи сигнала на подпалатку технологической системы. Подпалатка положения заготовки осуществляется соответствующей коррекцией управляющей программы [3, 10].

На рис. 17.3 приведена схема установки контрольно-управляющей системы. Для измерения детали 2 щуп 1 установлен в шпиндель станка. Для контроля размера и состояния инструмента щуп 3 установлен на столе станка. Сигналы этих щупов поступают в блоки 4 системы управления. Из схемы измерения щупа-

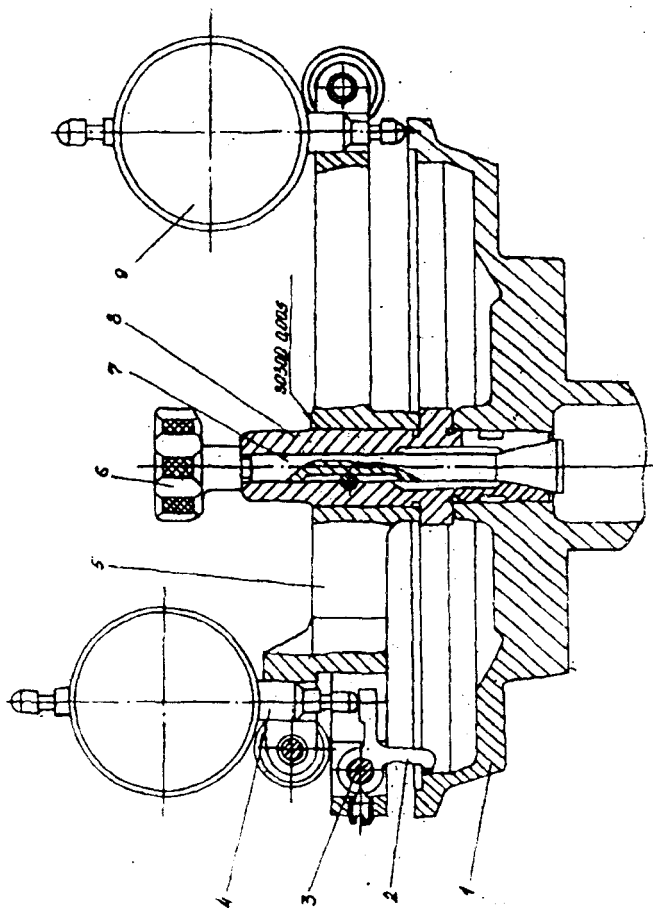


Рис. 17.2. Многоосное приспособление для контроля биений

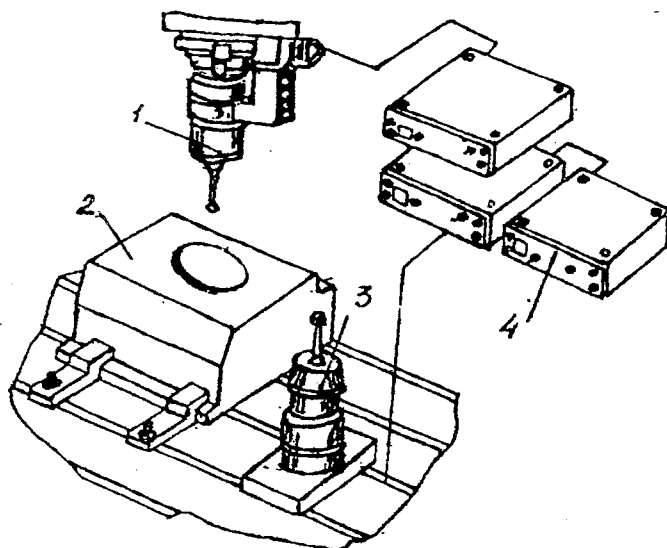


Рис. 17.3. Схема установки измерительных щупов на станке с ЧПУ

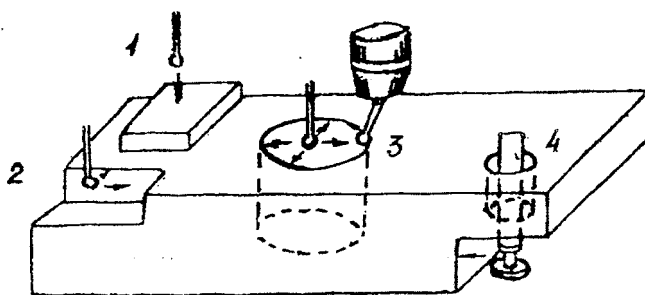


Рис. 17.4. Схемы измерений обработанной заготовки щупами

ми (рис. 17.4) видно, что закрепленный в шпинделе станка щуп измеряет в позиции 1 размер по высоте, в позиции 2—размер паза, в позиции 3—диаметр расточного отверстия и в позиции 4—не только размер, но и расположение расточенного отверстия относительно измерительной базы. По принципу работы измерительные щупы бывают контактного и индуктивного типов.

На рис. 17.5 показан один из вариантов конструкции щупа. Щуп имеет хвостовик 4 для установки в шпинделе 1 станка и в инструментальном магазине. В полости 3 хвостовика установлена батарея 2. К внутреннему торцу хвостовика прикреплен сменный элемент 5 с пружиной 6, упирающейся в отрицательный вывод батареи 2 и являющейся для него заземлением. К положительному выводу батареи прижат контакт 7. К внешнему торцу хвостовика прикреплен корпус 13, в котором смонтирован наконечник щупа 14, связанный с блоком переключателей, расположенным в корпусе 13 (последний замыкает контакты при смещении наконечника щупа 14 по осям станка). Блок переключателей через штепсельные вилки 15 и розетку 16 электрически связан со схемой на печатной плате, содержащей схему генератора, сигнал с выхода которого поступает на первичную обмотку 9. Первичная обмотка установлена на кронштейне 11, в котором смонтирован переключатель 12 с плунжером 8. Плунжер срабатывает при контакте со шпонкой 10 при зажиме хвостовика 4 в шпинделе. Переключатель 12 соединяет батарею 2 с печатной схемой при установке в шпиндель и отсоединяет батарею, когда хвостовик извлечен из него. Для этого пружина переключателя сжимается при нормально разомкнутом его положении и разжимается сразу после выхода плунжера 8 из контакта со шпонкой 10 шпинделя.

Передача сигнала с измерительного щупа, установленного в шпинделе станка, в систему управления осуществляется бесконтактно-индуктивным или оптическим способом.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется переналаживаемым контрольным приспособлением?
2. Для чего применяются многомерные контрольные приспособления?
3. Каким образом осуществляется контроль обрабатываемых заготовок на станках с ЧПУ?

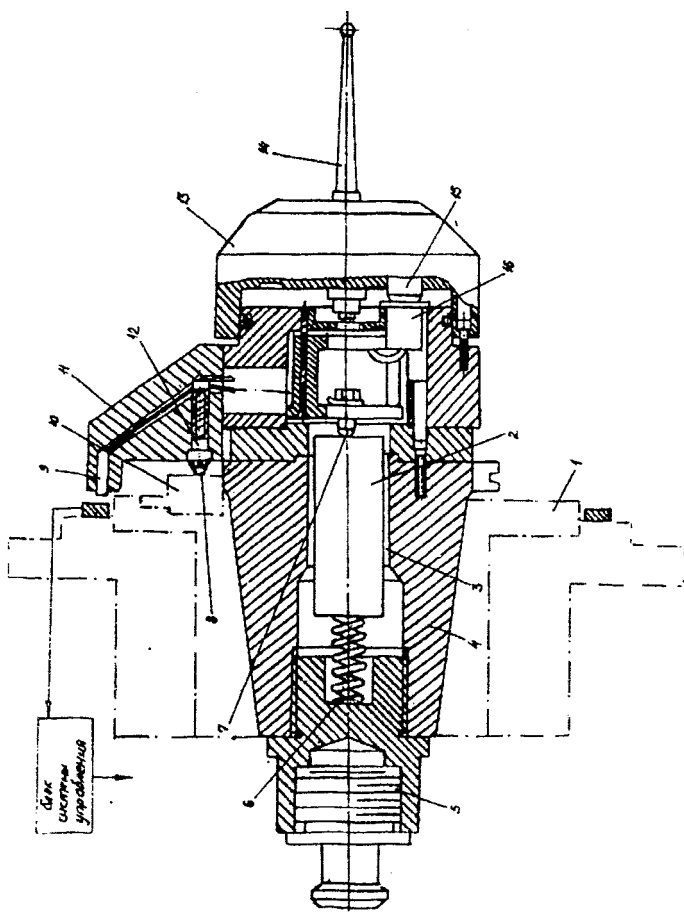


Рис. 17.5. Конструкция измерительного пути бесконтактно-индуктивного типа

Глава 18. Приспособления для контроля параметров сложной геометрической формы деталей авиадвигателей

Методы контроля деталей сложной формы, особенно с криволинейными поверхностями, трудоемки и технически сложны. В авиадвигателестроении к числу таких деталей можно отнести лопатки компрессора и турбины, диски с профильными пазами, зубчатые колеса и др.

Контроль деталей сложной формы может быть осуществлен как с помощью профильных шаблонов на приспособлениях, так и с помощью индикаторных, оптико-механических, пневматических и электрических приспособлений.

18.1. Приспособления для контроля геометрических параметров лопаток

Лопатки компрессора и турбины являются сложными деталями как по конструкции, так и по технологическому исполнению. Это налагает определенные трудности при изготовлении и контроле, главным образом, из-за отсутствия у лопаток достаточно протяженных или простых по форме технологических и измерительных баз.

Лопатки проверяются как на операционном, так и на окончательном контроле. При контроле геометрических параметров лопаток проверяют: отклонение формы профиля спинки и корыта; расположение пера относительно замка (смещение и закрутка профилей); размер максимальной толщины пера в определенных сечениях; толщину входной и выходной кромок пера; длину пера, хорды, радиусы сопряжения пера лопатки с замком; размеры замка и полок замка; размеры бандажных полок.

В контрольных приспособлениях, предназначенных для измерения окончательно обработанных деталей, в качестве измерительной базы в основном используется конструкторская база детали. Конструкторской базой у лопаток компрессора и турбины является условная геометрическая ось Z , относительно которой ориентируются все поверхности лопатки.

Надежность базирования и уменьшение погрешности измерения зависят от стабильности положения детали в базирующем устройстве приспособления. В качестве установочной базы при контроле геометрических параметров лопаток (профиля пера, бандажной и замковой полок) используется поверхность замка.

Настройка контрольно-измерительных приборов на нужный размер осуществляется с помощью эталонной лопатки, геометрические параметры которой соответствуют чертежным, но допуски на размеры ужесточены в 10 раз.

Широкое распространение, благодаря сравнительной простоте, получил метод контроля профиля пера лопаток с помощью шаблонов на специальных контрольных приспособлениях. Контроль с помощью шаблонов применяется на этапах предварительной обработки профиля пера лопатки.

На рис. 18.1 представлено приспособление для контроля в расчетных сечениях профиля спинки и корыта рабочих лопаток компрессора с базированием по поверхностям замка типа «ласточкин хвост». Сменная плита 2 наладки со штырями, образующими пазы для направления шаблонов в расчетных сечениях пера лопатки, фиксируется в продольном направлении на основании 1 с помощью двух пальцев 12. На основании 1 плита 2 удерживается с помощью болтов 4. В кронштейне 7, закрепленном на основании 1, размещен шпиндель 6 с фиксирующим пальцем 11 для установки сменной наладки 5, крепящейся к торцу шпинделя 6 винтами. На наружном диаметре шпинделя 6 выполнен точный паз, в который входит фиксирующий штифт 10. Ширина паза больше диаметра штифта 10, что позволяет использовать допуск на угловой разворот сечений профиля лопатки.

Контролируемая лопатка 3 вставляется замком в паз наладки 6 до упора 13 в торец замка и закрепляется с помощью толкателя 9, управляемого рукояткой 8 с эксцентриком. Контроль профиля спинки и корыта лопатки осуществляется шаблонами «на просвет» или с помощью щупов при ударе заплечиков шаблона в боковые плоскости плиты.

Контроль лопаток с помощью шаблонов имеет существенные недостатки: недостаточно высокая точность измерения, необходимость иметь большое число шаблонов, низкая производительность измерений. Недостаточная точность измерения обусловлена большим количеством составляющих суммарной погрешности: погрешностей изготовления контршаблона и зазора между рабочим шаблоном и контршаблоном, погрешностей определения зазора между шаблоном и контролируемой поверхностью. Число шаблонов для контроля профиля спинки и корыта лопатки должно соответствовать числу контролируемых сечений.

Применение многомерных и высокопроизводительных приборов и измерительных машин для контроля профиля пера лопаток снижает трудоемкость контроля и повышает точность измерения. В авиадвигателестроении для этой цели широко применяются специальные оптико-механические приборы типа ПОМКЛ-4, ОММ-50.

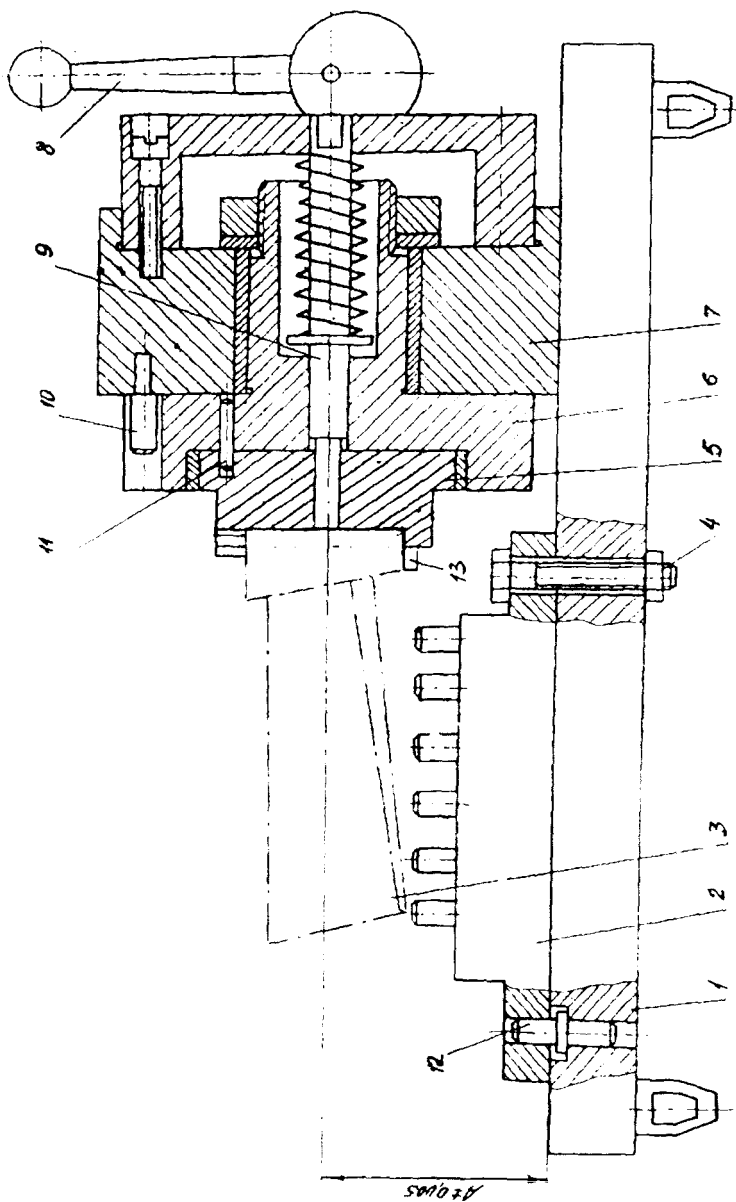


Рис. 18.1. Приспособление для контроля профиля шпильки и корыта рабочих лопаток компрессора

ПОМКЛ-4 предназначен для одновременного контроля профиля пера, смещения пера относительно оси замка, угла закрутки и толщины пера в поперечных сечениях пера рабочих лопаток компрессора.

Проверяемая лопатка устанавливается поверхностями замка в захвате, смонтированном на подвижной в осевом направлении каретке. С профилями контролируемого сечения пера лопатки соприкасаются контактные стержни, размещенные в блоке с определенным шагом между ними. Противоположные концы контактных стержней при помощи эталона приведены к единой плоскости измерения. Отклонения профиля пера от заданного вызывают перемещения контактных стержней, передающиеся на измерительные стержни и далее на рычажки с соотношениями плеч 5:1. Концы рычажков проектируются на экран с увеличением 10:1 (общее увеличение 50:1). По границам поля допуска, нанесенным на экран, определяется пригодность контролируемого сечения пера. При перемещении каретки с лопаткой с каждым контролируемым сечением последовательно контактирует свой ряд контактных стержней. ПОМКЛ-4 используется для контроля лопаток с длиной пера до 250 мм и шириной до 100 мм, точность измерения 0,02 мм.

Оптико-механический магазинный прибор ОМИ-50 со сменными магазинами предназначен для контроля профиля пера лопаток компрессора шириной до 50 мм и отличается от прибора ПОМКЛ-4 конструкцией магазина с измерительными стержнями и наличием устройств для автоматизации контроля.

В современном серийном производстве для повышения качества контроля лопаток используют контрольно-измерительные машины, которые позволяют повысить точность и производительность контроля.

Другие геометрические параметры лопаток компрессора и турбины обычно проверяют на контрольных приспособлениях с индикаторными часами, настраиваемыми по эталону. Рассмотрим некоторые из них.

Контроль размеров от торца замка до входной кромки пера рабочих лопаток компрессора осуществляется с помощью приспособления (рис. 18.2), состоящего из плиты 11 с поворотным диском 10 и стойки 3, на которое закрепляется держатель 2 с индикатором 1, соединенным с измерительным наконечником 4. Проверяемая лопатка 5 устанавливается в пазу тина «ласточкин хвост» сменной палладки 7 до упора торцом замка в палец 6. Диск 10 вместе с закрепленной паладкой поворачивается на требуемый угол наклона оси замка по круговой шкале диска. Измерительный наконечник 4 контактирует с кромкой лопатки в расчетном сечении

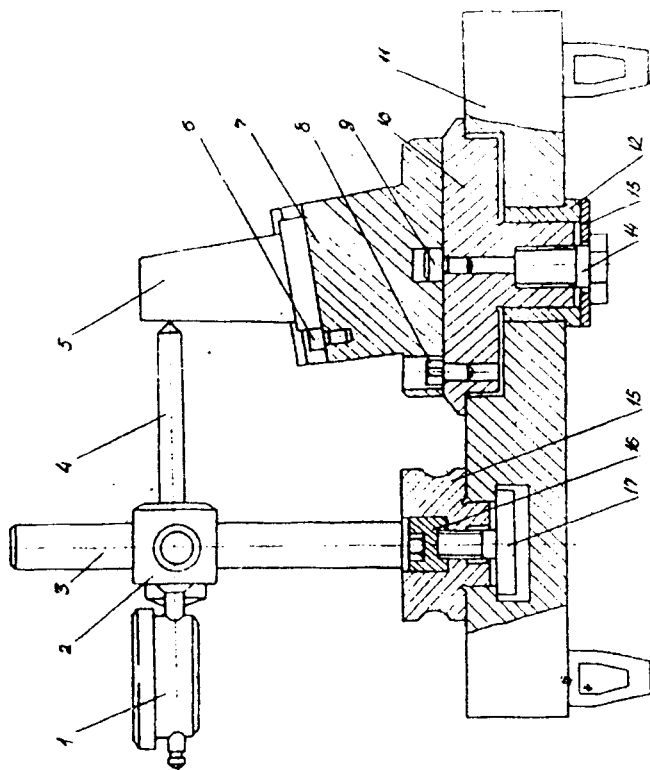


Рис. 18.2. Переключаемое приспособление для контроля размеров от торца замка до входной кромки пера рабочих лопаток компрессора

пера, и отклонение стрелки индикатора 1 от нулевого положения, настроенного по специальному эталону, показывает отклонение проверяемого размера.

Поворотный диск 10 устанавливается в плите 11 посредством втулки 12, шайбы 13 и болта 14. Втулка 12 и хвостовик диска 10 образуют подшипник скольжения. Зазор между втулкой и хвостовиком не превышает 0,005...0,01 мм.

Сменная наладка 7 центрируется на поворотном диске 10 с помощью двух пальцев: цилиндрического 9 и срезанного 8. Стойка 3 жестко закреплена в основании 15, которое имеет возможность перемещения в поперечном пазу плиты 11. Фиксация основания 15 в требуемом положении осуществляется с помощью гайки 16 и болта 17.

Переустановка приспособления обеспечивается установкой сменной наладки 7 на диске и возможностью разворота диска на требуемый угол, возможностью перемещения держателя с индикатором на высоте стойки с установкой измерительного наконечника в расчетном сечении пера лопатки по линейке стойки и перемещению стойки в пазу плиты в поперечном направлении.

В связи со сложной геометрической формой и высокой точностью проверка профиля елочных замков рабочих лопаток турбины является одной из наиболее сложных и ответственных операций. Контролируемыми параметрами елочного профиля замка лопаток являются: шаг зубьев, относительное смещение и перекос рабочих поверхностей зубьев, толщина замка по средней линии зубьев (размеры по замкам), высота зубьев от средней линии, высота замка от оси роликов первой впадины до основания замка, углы впадин и выступов, радиусы сопряжений и т. д.

Для отдельных параметров профиля замка лопаток (шага зубьев, радиуса зубьев, сопряжений радиусов впадин) широко распространенным способом контроля является комплексная проверка елочного профиля на стационарном проекторе. Проверка заключается в сравнении на экране елочного контура, образуемого проходящими через контролируемый профиль световыми лучами проектора, с увеличенным образцовым профилем (масштаб 50:1 или 100:1), с нанесенными на нем полями допусков.

В производстве часто толщину замка по средней линии зубьев при малых партиях лопаток измеряют при помощи роликов, устанавливаемых во впадины елочного замка. Измерение осуществляется микрометром или индикаторной скобой.

Для контроля размеров елочного замка лопатки по роликам служит прибор, представленный на рис. 18.3. Валок 11, расположенный в корпусе 1 приспособления, своими лицевыми сторонами входит в зацепление с рейкой толкателя 14, снабженного пружинной 13. Не-

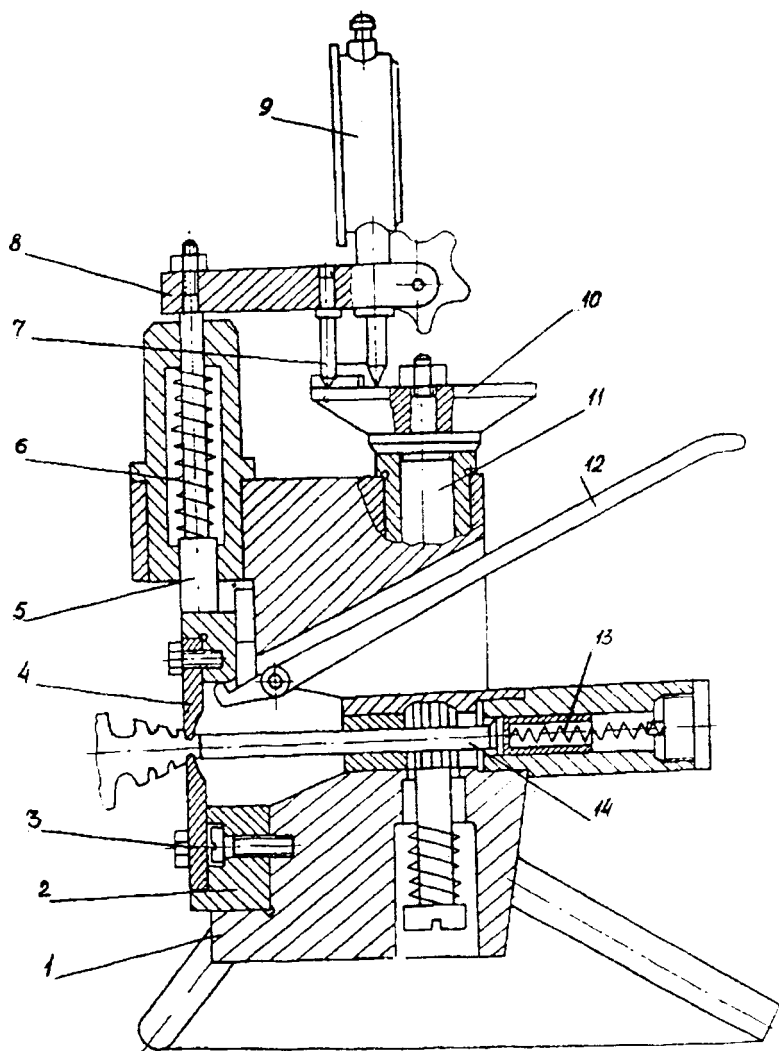


Рис. 18.3. Приспособление для контроля размеров елочного замка лопатки по роликам

подвижная губка 3 и подвижная губка 4, измерительные твердосплавные поверхности которой выполнены с размером, равным радиусу измерительного ролика, закрепляются соответственно в колодке 2 и в посадочном гнезде штока 5. Пружина 6 прижимает шток 5 в нижнее положение, а рычаг 12 служит для отвода штока 5. На штоке закреплена державка 8 с ограничителем 7 и индикатором 9. Измерительный наконечник индикатора 9 контактирует с торцевой поверхностью смещенного эталона 10, закрепленного на валике 11. Эталон 10 выполнен в виде втулки со ступенчатым торцом. Количество уступов на торце эталона 10 и их высота соответственно равны количеству впадин профиля замка и перепадам размеров по роликам.

Для измерения размеров замка лопатки на приборе шток 5 с помощью рычага 12 отводится в верхнее положение и лопатка устанавливается ближайшей к основанию замка впадиной профиля на неподвижную губку 3. При освобождении рычага 12 под действием пружины 6 шток 5 досылает губку 4 в противоположную впадину профиля замка, а отклонение конечного положения губки 4 со штоком 5, равное отклонению проверяемого размера, определяется по индикатору 9. Для измерения размеров по роликам следующей впадины профиля лопатка переустанавливается на губке 3 на один шаг, при этом основание замка лопатки упирается в торец толкателя 14 и перемещает его вправо. Толкатель 14 через речко-зубчатую передачу поворачивает на соответствующий угол валик 11 с эталоном 10. При повороте эталона 10 под измерительный наконечник индикатора 9 подойдет следующий уступ эталона 10, в результате чего настройка нулевого положения индикатора 9 не нарушается.

Ширина измерительных поверхностей губок принимается равной 5...8 мм, что позволяет измерять конусность размеров с использованием роликов по длине замка лопатки. Переналадка прибора обеспечивается заменой губок и эталона.

Высокие требования предъявляются к контролю бандажных и замковых полук лопаток турбины. Это объясняется тем, что по бандажным полкам стыкуются лопатки при сборке колеса турбины. Колебание размеров стыковочных поверхностей лопаток приводит к колебанию натягов в ободу колеса турбины. Схемы контроля бандажной полки лопатки показаны на рис. 18.4. Приспособление настраивается по эталонной лопатке. О погрешности размера бандажной полки судят по отклонению стрелки индикатора при установке в приспособление измеряемой лопатки. Погрешность измерения поверхности бандажной полки относительно оси лопатки на данном приборе составляет 0,06...0,08 мм.

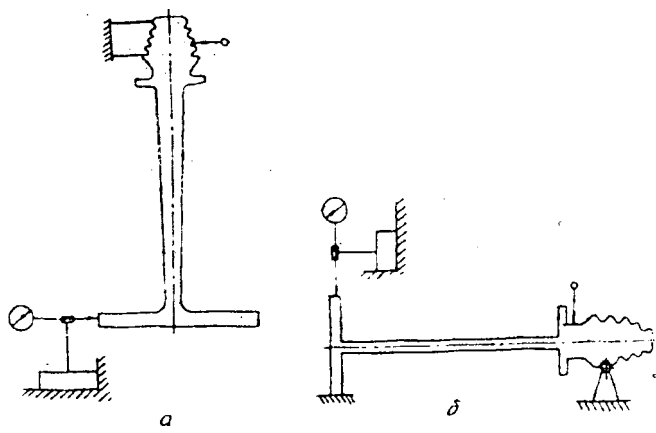


Рис. 18.4. Схемы контроля контура бандажной полки лопатки турбины. а -- со стороны корыта; б -- со стороны спинки

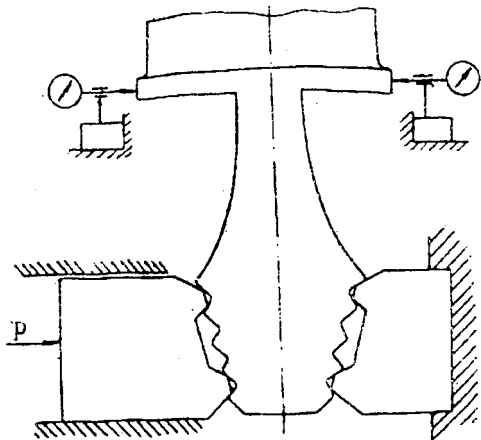


Рис 18.5. Схема контроля размеров замковой полки

В схеме контроля полки замка лопатки турбины одновременно с двух сторон (рис. 18.5) измеряемая лопатка базируется и закрепляется в приспособлении по замку типа «елка». Размер полочки контролируется индикаторами, которые предварительно настраиваются на размеры по эталонной лопатке.

18.2. Приспособления для контроля геометрических параметров дисков

Диски компрессора и турбины являются наиболее ответственными деталями двигателя, к ним предъявляются высокие требования по точности выполнения геометрических параметров. Так, погрешность выполнения линейных и диаметральных размеров базовых поверхностей дисков не превышает 0,03 мм. Аналогичных значений достигают радиальные и торцевые биения ряда поверхностей (полотно диска, посадочные буртики) относительно базовых. Все это предъявляет повышенные требования к выполнению операций механической обработки и контроля обрабатываемых поверхностей.

В современных технологических процессах изготовления дисков компрессора и турбины широко используются токарные станки с ЧПУ. Это оборудование обеспечивает выполнение токарных операций с высокой точностью, позволяет формировать поверхности сложной геометрической формы. Операции технологического процесса спроектированы таким образом, что практически все поверхности с одной стороны диска обрабатываются за одну установку, т. е. без перезакрепления обрабатываемой заготовки. Такая технологическая схема обработки обеспечивает выполнение технических условий как по точности, так и по взаимному расположению обрабатываемых поверхностей.

Промежуточный контроль после выполнения данной операции осуществляется непосредственно на станке без раскрепления заготовки. При этом контролируются биения (торцевые и радиальные) обрабатываемых поверхностей относительно оси вращения. В данной контрольной операции, как правило, используют итативы, в которых закрепляются индикаторы с ценой деления 0,01. Ножка индикатора подводится до касания с натягом до обработанной поверхности, и о величине биения судят по показаниям индикатора при повороте заготовки на 360° .

Контроль линейных размеров дисков осуществляется после их раскрепления и сжатия со станка. Для измерения толщины буртиков или ободов дисков, которая не может быть измерена микрометром или индикаторными скобами с соосным расположением измерительного и опорного наконечников из-за наклона образу-

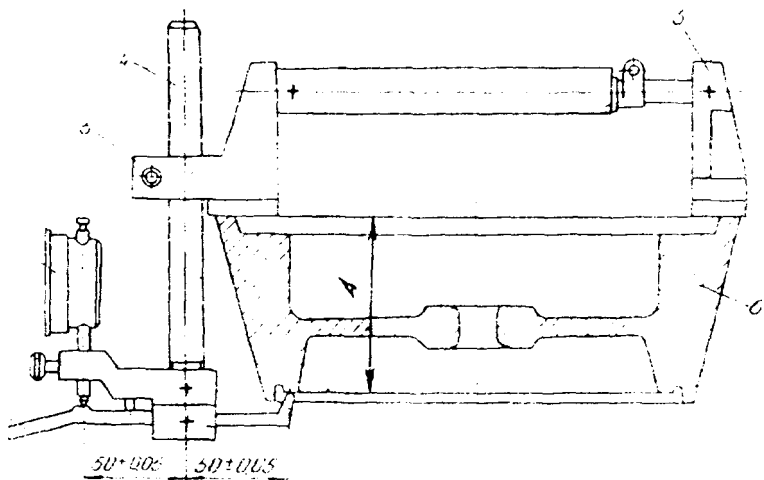


Рис. 18.6. Скоба индикаторная для контроля
толщины «А» обода диска

шей, предназначена индикаторная скоба, показанная на рис. 18.6. Корпус 3 и раздвижная опора 5 скобы снабжены пластиками, с помощью которых скоба базируется по торцу проверяемой детали 6. В корпусе 3 закрепляются подвижная колонка 4 с измерительным рычагом 1 и индикатор часового типа 2. Отклонение проверяемого размера определяется по индикатору 2, который настраивается на ноль по эталону или блоку концевых плоскопараллельных мер. Диапазон измеряемых толщины равен 20...200 мм.

Одним из важных линейных параметров дисков является толщина полотна. Контроль этого параметра с помощью микрометрических скоб усложняется из-за наличия обода на диске. Часто этот параметр контролируют с помощью стенкомеров, приборов, которые широко используются при контроле различных корпусных деталей.

Универсальный стенкомер (рис. 18.7) состоит из корпуса 2, в котором через шайбу 12 на оси 11 установлены подвижная ножка 1 и рычаг 8. Рычаг зафиксирован относительно ножки штифтами 13. Крепление ножки и рычага на оси осуществляется винтом 14. На рычаге закреплен шарик 7, перемещение которого передается

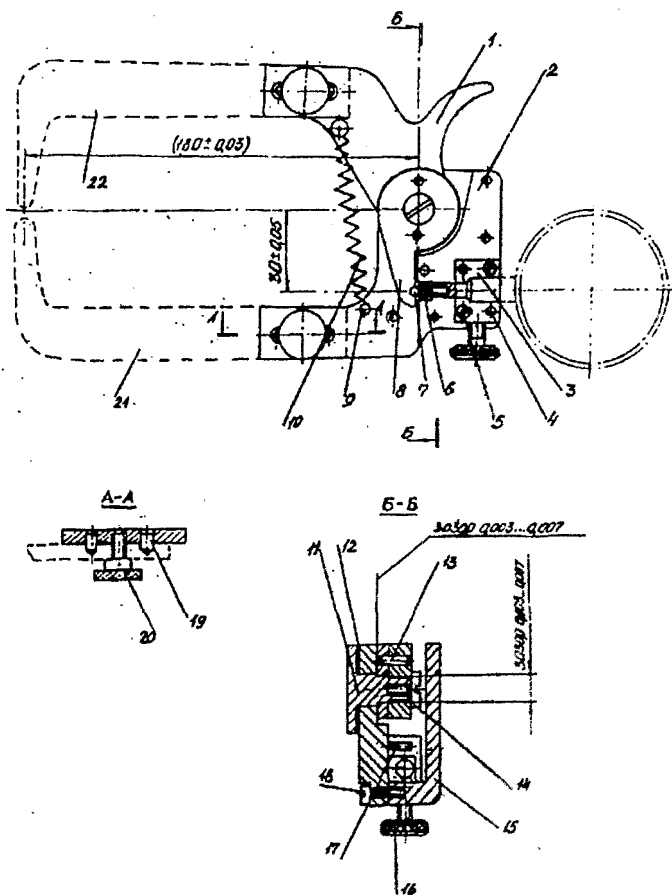


Рис. 18.7. Универсальный стенкомер

вставкой 6 индикатору. Индикатор устанавливается в направляющей 3 и крепится винтом 16, а сама направляющая закреплена на корпусе винтом 5 и штифтами 4. Ограничение перемещения рычага 8 осуществляется штифтом 17. Направляющая и ось закрыты крышкой 15, которая крепится к корпусу винтами 18. Сменные неподвижная 21 и подвижная 22 лапки закреплены соответственно на подвижной ножке 1 и корпусе 2 винтами 20 и фиксируются штифтами 19. Корпус 2 и подвижная ножка 1 связаны пружинной 10, закрепленной на штифтах 9.

При работе стенкомер предварительно настраивается по эталону, а его универсальность заключается в возможности замены сменных лапок, которые позволяют фиксировать измеряемые толщины в диапазоне 5...100 мм.

Одной из наиболее ответственных контрольных операций дисков компрессора и турбины является операция контроля пазов. От точности выполнения размеров пазов и их смещения относительно номинального положения зависят условия работы лопаток и узла компрессора или турбины в целом.

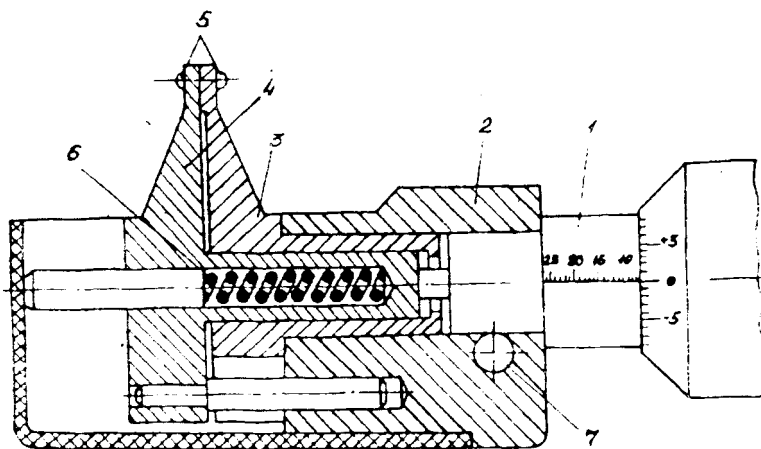


Рис. 18.8. Прибор для измерения пазов в дисках турбины

На рис. 18.8 представлен прибор для измерения пазов в дисках турбины, предназначенный для контроля пазов типа «елка». Он состоит из стандартной микрометрической головки 1, пристав-

ки 2, неподвижной 3 и подвижной 4 губок, двух роликов 5, пружины 6 и винта 7 для крепления приставки на микрометрической головке. Пружина 6 обеспечивает контакт подвижной губки 4 с микрометрическим винтом головки 1.

При контроле подвижную губку подводят к неподвижной на расстояние чуть меньше размера паза по роликам. Роликами 5 губки 3 и 4 вводят в измеряемый паз. Винтом микрометрической головки подвижная губка перемещается до упора обоих роликов в пазах диска, после чего по шкале головки определяют размер паза.

Прибор может быть использован для контроля пазов непосредственно на станке, имеет диапазоны измерения 3...28 мм, погрешность измерения при этом не превышает 0,005 мм.

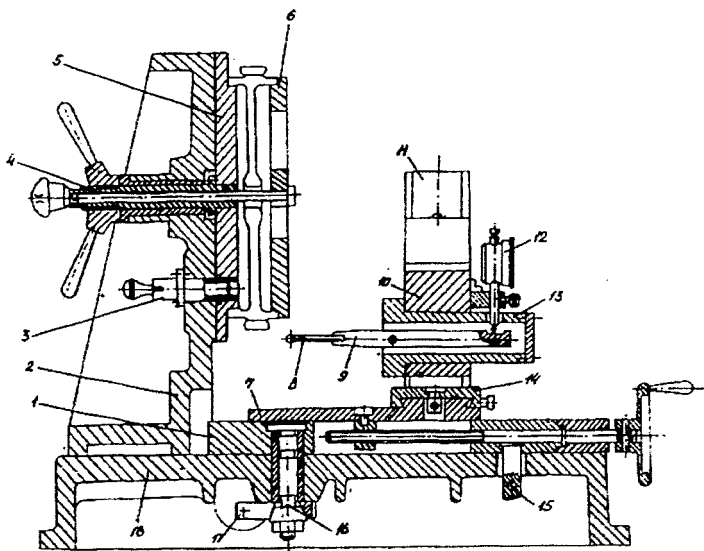


Рис. 18.9. Переналаживаемое приспособление для контроля волнистости стенок пазов в дисках

Часто в дисках компрессора контролируется волнистость боковых поверхностей пазов типа «ласточкин хвост» после операции протягивания пазов.

Приспособление для контроля волнистости (рис. 18.9) состоит из корпуса 18 с закрепленным на нем угольником 2. В угольнике размещены цилиндрический фиксатор 3 и шпindel 4 для крепления наладки 5. На корпусе 18 находится плита 1, которая с помощью винта 15 поворачивается вокруг оси 16 и фиксируется под нужным углом рукояткой тангенциального зажима 17. По направляющим плиты 1 перемещается продольный суппорт 7, несущий поперечный суппорт 14 со стойкой 11. На вертикальных направляющих стойки 11 закрепляется кронштейн 10 с индикатором 12 с ценой деления 0,001 мм и поворотной державкой 13. Внутри державки 13 размещен рычаг 9, передающий отклонение положения измерительного щупа 8 на наконечник индикатора 12.

Наладка состоит из сменной делительной плиты 5 с втулками (по числу пазов диска) и прижимной шайбы 6, которая с помощью центрального зажима закрепляет установленный диск на делительной плите.

Волнистость стенки паза определяется при продольном перемещении (параллельно плоскости симметрии паза) суппорта по показаниям измерительной головки, регистрирующей отклонение положения щупа, находящегося в постоянном контакте с проверяемой поверхностью. Перемещение суппорта и поворот планшайбы на деление осуществляют вручную. Приспособление обеспечивает стабильность измерения с погрешностью, не превышающей 0,002 мм.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом осуществляется контроль деталей сложной формы?
2. Какие оптико-механические приборы используются для контроля профиля пера лопаток?
3. Какие приспособления используются для контроля линейных размеров дисков?
4. Что из себя представляет стенкомер?

Глава 19. Методика проектирования контрольных приспособлений

Технический контроль является составной частью технологического процесса, связанного с изготовлением деталей, сборочных единиц и изделия. Он осуществляется непрерывно при выполнении всего технологического процесса. При разработке технологического процесса изготовления детали или сборочной единицы технолог одновременно предусматривает и операции технического

контроля. При этом процессы обработки и контроля, находясь во взаимосвязи и взаимодействии, обеспечивают требуемые точностные показатели. Руководствуясь требованиями конструкторской документации и инструкциями на проведение технического контроля, технолог при разработке техпроцесса определяет виды и средства контроля, фиксируя их в технологических операционных картах, а также устанавливает место операции технического контроля в технологическом процессе. Эти операции оформляются на отдельной операционной карте технического контроля.

В техпроцессе предусматриваются операционные, промежуточные и приемочный (окончательный) виды контроля изготавливаемой детали или сборочной единицы. Операционный контроль — контроль геометрических параметров во время или после завершения технологической операции. Он осуществляется, как правило, производственными рабочими (иногда контролером) на всех операциях обработки заготовки детали. Промежуточный контроль — это контроль комплекса геометрических параметров после определенного этапа обработки заготовки. Этот контроль обычно предусматривается для ответственных или сложных дорогих деталей, после чернового этапа обработки, после обработки заготовки перед термообработкой и в других случаях. Приемочный (окончательный) контроль — это контроль деталей или сборочных единиц, по результатам которого принимается решение о годности продукции.

Для выполнения операционного контроля технолог стремится выбрать наиболее удобные и сравнительно дешевые средства контроля — это стандартные калибры, универсальные мерительные инструменты и другие простые средства, а при необходимости и специальные контрольно-измерительные приспособления.

Промежуточный и приемочный контроль выполняют работники службы технического контроля. При этих видах контроля наряду с калибрами и универсальными мерительными инструментами широко используются различные специальные и специализированные (перенастраиваемые) механизированные и автоматизированные контрольно-измерительные приспособления, что позволяет значительно повысить производительность и обеспечить более высокую точность контроля геометрических параметров деталей. Следует иметь в виду, что повышение производительности при выполнении контрольных операций имеет большое значение, так как в настоящее время в механических цехах число контролеров составляет 12...20% к основным рабочим, а в сборочных цехах 25...35%. Трудоемкость контроля деталей двигателей составляет до 35% трудоемкости их механической обработки.

В технологических картах разработанного и утвержденного технологического процесса указываются применяемые средства контроля. На проектирование специальных контрольно-измерительных приспособлений технолог оформляет задания (заказы) и передает их в отдел конструирования средств контроля.

При проектировании контрольных приспособлений часто перед конструкторами возникают сложные задачи, которые отражают специфические особенности производства двигателей. К таким особенностям относятся повышенные требования к основным показателям контроля, большое разнообразие и сложность конструкций деталей. Поэтому создание рациональных конструкций контрольно-измерительных приспособлений является сложным делом, требующим высокой квалификации конструктора.

Конструирование контрольных приспособлений — творческий процесс, для которого характерны трудоемкость, изобретательность, многовариантность возможных решений, определенная последовательность работы. Для облегчения решений конструкторских задач используют стандартизацию, унификацию и производственный опыт. Практика показывает, что при конструировании специальных контрольно-измерительных приспособлений уровень применения стандартных и унифицированных элементов может достигать 60%. Однако с внедрением ЕСТПП ставится задача поднять уровень стандартизации до 80%. В настоящее время для мелкосерийного и серийного типа производства широко используют унифицированные переналаживаемые контрольные приспособления, состоящие из универсального базового блока и комплектов сменных наладок.

Проектирование контрольно-измерительных приспособлений осуществляется по такой же методике, что и станочные приспособления (см. гл. 11), но с учетом особенностей назначения этих приспособлений.

19.1. Проектирование специальных контрольно-измерительных приспособлений

Правильно спроектированное контрольно-измерительное приспособление должно обеспечивать все основные требования, предъявляемые к данной оснастке: точность, достоверность, надежность, производительность и экономичность контроля. Специальные приспособления проектируются для контроля заданных геометрических параметров одного наименования заготовки, детали, узла. Они могут быть одномерные и многомерные с различным уровнем механизации и автоматизации.

Проектирование контрольного приспособления осуществляется в определенной последовательности. Изучаются исходные данные, к которым относятся: заказ с техническим заданием, полученный от технолога; технологические операционные карты изготовления детали и ее контроля; чертежи заготовки, детали или сборочной единицы, позволяющие конструктору получить полное представление: о требованиях, изложенных в техническом задании; о конструкции контролируемой детали, т. е. о размерах, материале, массе; о контролируемом параметре (параметрах) и его точности; об измерительной и установочных базах при контроле; о годовой программе выпуска деталей; о заданной производительности контроля и т. п.

После изучения исходных данных конструктор переходит к проектированию, т. е. к разработке вариантов конструктивных схем контрольного приспособления. Однако успешное решение этого этапа во многом зависит от знания и опыта конструктора. Поэтому начинающим конструкторам и студентам прежде чем приступить к проектированию, необходимо хорошо ознакомиться с существующими конструкциями по литературным источникам и по альбомам типовых конструкций, унифицированных и стандартизованных деталей и узлов контрольных приспособлений. Это позволяет выявить прототипы для разрабатываемой конструкции, на основании которых можно будет выполнить варианты конструктивных схем проектируемого контрольного приспособления.

Затем выполняются технико-экономические расчеты, на основании которых выбирается оптимальный, наименее выгодный вариант контрольного приспособления.

При расчете контрольного приспособления на точность определяют расчетную суммарную погрешность измерения ω_{Σ} , при этом руководствуются материалами, изложенными в гл. 15. Расчетная суммарная погрешность измерения должна быть меньше или равна заданной допустимой погрешности измерения. Допустимая погрешность измерения принимается как часть допуска на контролируемый параметр заготовки или детали:

$$\omega_{\Sigma} \leq \frac{B}{100} T,$$

где B — часть допуска контролируемого параметра.

Значение B в % для авиационной техники для ответственных деталей — $B=8...10$; для менее ответственных — $B=12,5...20$; для остальных — $25...30$ от поля допуска параметра.

Рассмотрим пример расчета контрольного приспособления на точность.

На рис. 19.1 представлено приспособление, применяемое для контроля биения поверхности В относительно поверхности Б. По техническим условиям чертежа готовой детали это радиальное биение не должно превышать 0,05 мм. На плите приспособления 1 установлены два цилиндрических пальца 2, предназначенных для базирования контролируемой детали. К контролируемой поверхности подходит рычаг 3, перемещение которого через стержень 4 передается на индикатор 5. Индикатор закреплен на стойке 6, установленной на плите 1. Стержень 4 перемещается в стакане 9.

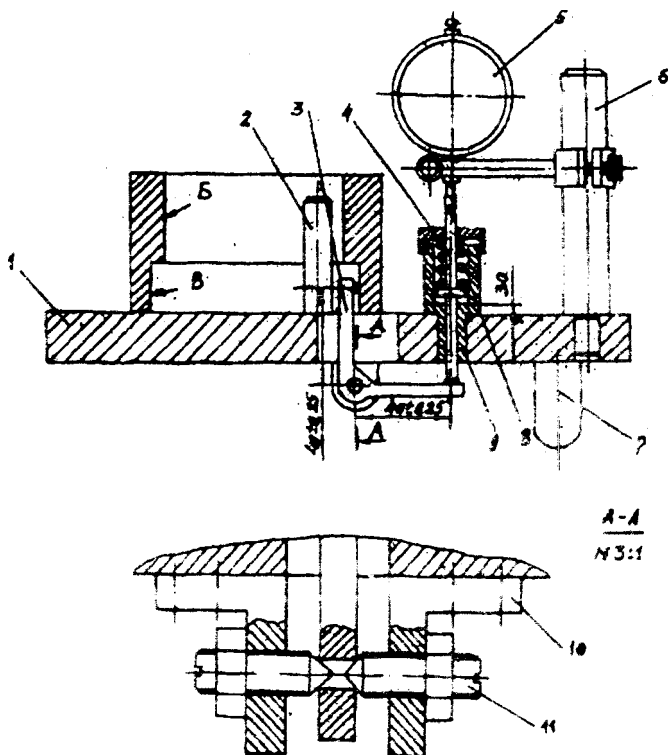


Рис. 19.1. Контрольное приспособление для проверки радиального биения внутренних цилиндрических поверхностей

в котором находится пружина 8, создающая измерительное усилие. Рычаг 3 поворачивается вокруг двух конических осей 11, расположенных в стойках 10. В плите 1 снизу установлены две ножки 7, создающие ее наклон. За счет этого деталь под собственным весом прижимается и базируется на пальцах 2.

При контроле деталь вручную проворачивают вокруг своей оси и по показанию индикатора судят о величине радиального биения одной внутренней поверхности относительно другой.

Суммарная погрешность измерения (см. гл. 14 и 15) включает в себя следующие составляющие:

$$\omega_{\Sigma} = \omega_{у.з} + \omega_p + \omega_n + \sqrt{\omega_6^2 + \omega_c^2 + \omega_3^2 + \omega_n^2 + \omega_{н.с.}^2 + \omega_M^2}.$$

Погрешность изготовления установочных элементов приспособления (пальцев) не оказывает влияния на процесс измерения, поэтому $\omega_{у.з} = 0$. Так как установочные элементы, образующие роликовую призму, являются неподвижными, то эксцентриситет $e = 0$, а, следовательно, погрешность базирования $\omega_6 = 0$.

В данном приспособлении при контроле не будет наблюдаться смещение измерительной базы детали от заданного положения. Объясняется это тем, что контролер всегда поджимает внутреннюю базовую поверхность к установочным элементам и тем самым препятствует измерительному усилию, создаваемому пружинной. Поэтому $\omega_c = 0$.

В конструкции приспособления отсутствуют зажимные элементы, следовательно, $\omega_3 = 0$.

Из вышесказанного видим, что погрешность установки в контрольном приспособлении равна нулю.

Оценим погрешность передаточных устройств, к которым относятся рычаг 3 и стержень 4.

Погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов определится по формуле

$$\omega_{\text{рл}} = \left(1 - \frac{l_{2,\text{min}}}{l_{1,\text{max}}}\right) a_1 = \left(1 - \frac{39,75}{40,25}\right) 0,05 = 0,0006 \text{ мм.}$$

Погрешность от неточности углового расположения плеч рычагов $\omega_{\text{ру}}$ из-за малых перемещений близка к нулю ($\omega_{\text{ру}} = 0$).

Погрешность от непропорционального перемещения рычагов $\omega_{\text{рн}}$ при $l = 40$ мм, $l = 3^\circ = 0,05236$ рад будет равна

$$\omega_{\text{рн}} = \frac{l\alpha^3}{3} = \frac{40 \cdot 0,05236^3}{3} = 0,002 \text{ мм.}$$

Погрешность от перемещения точки контакта рычагов $\omega_{\text{рс}}$ при $l = 40$ мм $\alpha = 3^\circ = 0,05236$ рад, $r = 2$ мм будет равна

$$\begin{aligned} \omega_{\text{рс}} &= \frac{a_2}{a_1} - 1 = \frac{l \operatorname{tg} \alpha + r (\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)}{l \operatorname{tg} \alpha - r (\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1)} - 1 = \\ &= \frac{40 \cdot 0,05236 + 2 (\sqrt{1 - 0,05236^2} - 1)}{40 \cdot 0,05236 - 2 (\sqrt{1 + 0,05236^2} - 1)} - 1 = 0,0032 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Определим погрешность прямой передачи стержня 4, который перемещается в направляющей втулке высотой 30 мм. Зазор между втулкой и стержнем лежит в пределах 0,02...0,03 мм. Смещение оси индикатора относительно оси стержня не будет превышать 0,2...0,3 мм. Погрешность прямой передачи определится по зависимости

$$\omega_{p,пр} = e \operatorname{tg} \beta = 0,3 \operatorname{tg} \beta = 0,3 \operatorname{tg} \frac{0,03}{30} = 0,0003 \text{ мм.}$$

Таким образом, погрешность передаточных устройств ω_p имеет следующую величину:

$$\begin{aligned} \omega_p &= \omega_{pa} + \omega_{py} + \omega_{pi} + \omega_{pc} + \omega_{p,пр} = \\ &= 0,0006 + 0 + 0,002 + 0,0032 + 0,0003 = 0,0061 \text{ мм.} \end{aligned}$$

В приспособлении рычаг 3 поворачивается на двух конических осях, поэтому погрешность от зазоров между осями рычагов $\omega_n = 0,008$ мм. Данное приспособление работает без установочных мер, поэтому $\omega_{и} = 0$ и $\omega_{ис} = 0$.

Показывающим прибором в контрольном приспособлении является индикатор часового типа с ценой деления 0,001 и пределом измерения 1 мм, в результате погрешность метода измерения $\omega_{\text{м}} = 0,007$ мм.

Суммарную погрешность измерения определим по формуле

$$\omega_{\Sigma} = \omega_p + \sqrt{\omega_{\text{н}}^2} = 0,0061 + \sqrt{0,007^2} = 0,013 \text{ мм.}$$

Погрешность контрольно-измерительного приспособления составляет 25% допуска контролируемого параметра детали, что полностью удовлетворяет требованиям точности измерительной оснастки.

Для оценки эффективности контрольно-измерительных приспособлений пользуются исчислением сравнительной экономической эффективности капитальных вложений. При определении сравнительной эффективности новых средств контроля выявляют и анализируют технико-экономические показатели, характеризующие их прогрессивность по сравнению с другими контрольными средствами. Сравнительный эффект определяют по двум или более вариантам. Эффект дает возможность судить о преимуществах одного варианта по сравнению с другими. На основании этих расчетов устанавливают оптимальный или наимыгоднейший вариант контрольного приспособления.

Оценку экономической эффективности выполняют с помощью основных и дополнительных показателей. К основным показателям относят капитальные вложения, необходимые для создания и внедрения нового контрольного приспособления, себестоимость продукции, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, а к дополнительным — повышение производительности, точности и надежности контроля, улучшение условий и безопасности труда, экономии энергии, рабочих площадей цеха и т. п.

На основании технико-экономических расчетов определяют оптимальный вариант контрольно-измерительного приспособления, который согласовывают с заказчиком, а затем приступают к разработке и оформлению чертежа общего вида приспособления. При разработке конструкции стремятся использовать как можно больше стандартизованных деталей и узлов приспособления. Это позволяет сократить трудоемкость проектирования примерно на 20...25% и уменьшить стоимость изготовления на 20...30%.

Чертеж общего вида конструкции, как правило, выполняется в масштабе 1:1, на нем изображаются все необходимые проекции, разрезы и сечения. На чертеже проставляются габаритные, координирующие и посадочные размеры. Кроме этого, назначают технические требования на точность сборки приспособления. Указываются требования на аттестацию и периодический контроль приспособления в период эксплуатации.

Оформление чертежа общего вида конструкции контрольного приспособления, простановка размеров и технических требований, составление спецификации должны строго соответствовать государственным стандартам Единой системы конструкторской доку-

ментации (ЕСКД) и Единой системы допусков и посадок СЭВ (ЕСДП СЭВ).

На основании общего вида выполняется детализовка специальных деталей приспособления.

19.2. Особенности проектирования переналаживаемых контрольных приспособлений

К переналаживаемым относятся такие контрольные приспособления, которые при помощи регулируемых или сменных элементов предназначены для контроля заданных параметров конкретной группы различных наименований деталей, имеющих технологическую общность. Они состоят из постоянной (базовой) части с измерительными устройствами и комплекта специальных сменных элементов (наладок) для ориентации контролируемой конкретной детали группы в процессе измерения.

К базовой части контрольного приспособления относятся: корпусные детали, подвижные и неподвижные элементы для размещения и крепления сменных наладок, станки и элементы для крепления измерительных головок. К специальным сменным наладкам относятся: установочные и фиксирующие элементы для базирования и закрепления контролируемой детали, сменные наконечники к измерительным головкам, эталоны для настройки приспособления на заданный размер и др. В большинстве переналаживаемых контрольных приспособлений используют шкальные измерители (индикаторы, микроиндикаторы, пневматические измерители и др.).

Следовательно, при конструировании переналаживаемого контрольного приспособления необходимо создать унифицированное базовое приспособление, которое разрабатывается на наиболее габаритную и сложную деталь группы, и затем спроектировать комплект сменных наладок для контроля остальных деталей группы. При этом переналаживаемое приспособление должно обеспечивать, применительно к контролю каждой детали, все требования, предъявляемые к специальным приспособлениям (см. п. 19.1).

В отдельных случаях унифицированные переналаживаемые приспособления используют как специальные, т. е. для контроля одного наименования детали с постоянной настройкой. При этом, если используется унифицированная базовая часть, сокращаются трудоемкость и срок проектирования и изготовления.

В общем, процесс конструирования унифицированного переналаживаемого контрольного приспособления осуществляется по единым правилам проектирования контрольной оснастки. Однако этот процесс значительно усложняется и отличается от конструирования специального контрольного приспособления. Если при проектировании специального контрольного приспособления конструктор изучает исходные данные на один контролируемый объект, то при проектировании переналаживаемого приспособления конструктору необходимо изучить весь массив исходных данных на все наименования контролируемых деталей, входящих в группу. При изучении и анализе этих данных выписываются в соответствующие таблицы размерные и точностные характеристики контролируемых деталей, диапазоны измерений проверяемых параметров, установочные и измерительные базы и другие особенности. Этот этап работы является весьма сложным и важным для последующего проектирования базового приспособления.

Следующим этапом проектирования является определение базовой конструкции приспособления. Для решения этого вопроса конструктор прежде всего рассматривает существующие конструкции универсальных и специальных контрольных приспособлений, используемые для контроля подобных деталей. На основании этого выбирают аналог и определяют размерные и точностные характеристики базового приспособления. Если на производстве имеются альбомы унифицированных переналаживаемых контрольных приспособлений, то выбор базового приспособления значительно упрощается. При конструировании необходимо выбрать такие формы и размеры корпуса, чтобы на нем можно было смонтировать все элементы, относящиеся к базовой части, и предусмотреть площадки для установки сменных наладок. Затем приступают к проектированию специальных сменных наладок. При этом стремятся к тому, чтобы при переходе от одной контролируемой детали к другой производилось как можно меньшее число заменяемых элементов, тогда выше точность контроля.

При проектировании переналаживаемого приспособления производят точностные расчеты, при этом суммарная погрешность приспособления должна быть меньше или равна допустимой погрешности измерения (см. п. 19, 1). Точностные расчеты проводят применительно к контролю каждого наименования деталей, входящих в группу.

Спроектированное унифицированное переналаживаемое контрольное приспособление должно быть экономически обосновано. Экономическая эффективность от замены специальной оснастки унифицированным переналаживаемым контрольным приспособле-

нием складывается из экономии за счет следующих показателей: от сокращения номенклатуры измерительных средств, т. е. только от унификации; повышения производительности труда; повышения качества продукции; сокращения сроков подготовки технологической контрольной оснастки.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие показатели процесса контроля должны обеспечивать спроектированные приспособления?
2. Каковы значение и роль стандартизации в проектировании контрольных приспособлений?
3. Что такое унификация контрольной оснастки?
4. Что включается в исходные данные для проектирования контрольных приспособлений?
5. Какова последовательность проектирования контрольных приспособлений?
6. По каким критериям выбирается оптимальный вариант специального контрольного приспособления?
7. Чем отличается проектирование унифицированного переналаживаемого приспособления от специального?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б. М. Базров, А. И. Сорокин, В. А. Губарь и др.—М.: Машиностроение, 1991. 121 с.
2. Берков В. И. Технические измерения. М.: Высш. школа, 1988. 128 с.
3. Вальков В. М. Контроль в ГАП. Л.: Машиностроение, Ленинград. отделение, 1986. 232 с.
4. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений. Минск: Вышэйш. шк., 1986. 230 с.
5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. М.: Машиностроение, 1979. 303 с.
6. Евстигнеев М. Н., Подзей А. В., Сулима А. М. Технология производства двигателей летательных аппаратов / Под ред. А. В. Подзея. М.: Машиностроение, 1982. 260 с.
7. Иващенко И. А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1981. 224 с.
8. Коваленко А. В., Подшивалов В. Н. Станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1986. 150 с.

9. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 277 с.

10. Координатные измерительные машины и их применение /В.—А. А. Гайшис, А. Ю. Каспарайтис, М. Б. Модестов и др. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.

11. Кузнецов Ю. Н., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.

12. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1985. 512 с.

13. Марков Н. Н., Ганевский Г. М. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М.: Машиностроение, 1981. 368 с.

14. Олеров И. М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 56 с.

15. Переналаживаемая технологическая оснастка /В. Д. Биряков, А. Ф. Довженко, В. В. Колганенко и др.: Под общ. ред. Д. И. Полякова. М.: Машиностроение, 1988. 248 с.

16. Приспособления для электрофизической и электрохимической обработки /В. В. Любимов, Н. И. Иванов, Е. И. Пушков и др.: Под общ. ред. В. В. Любимова. М.: Машиностроение, 1988. 176 с.

17. Ракович А. Г. Основы автоматизации проектирования технологических приспособлений /Под общ. ред. Е. А. Стародетко. Минск: Наука и техника, 1985. 285 с.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985.

19. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского, А. А. Шатилова. М.: Машиностроение, 1984.

20. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика /Под ред. В. П. Чупырина, А. Д. Никифорова. М.: Машиностроение, 1989. 512 с.

21. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник /Под ред. А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина. Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1983. 368 с.

22. Фраго В. П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. М.: Машиностроение, 1973. 468 с.

23. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1986. 176 с.

24. Шманев В. А., Шулепов А. П., Анниченко Л. А. Приспособления для производства двигателей легательных аппаратов: конструкции и проектирование: Учеб. пособие для авиационных вузов /Под общ. ред. В. А. Шманева. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.

25. Шманев В. А., Шулепов А. П., Косычев Ю. В. Контрольно-измерительные приспособления для производства деталей авиационных двигателей: Учеб. пособие /Под общ. ред. А. П. Шулепова. М.: Изд-во МАИ, 1993. 208 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Автоматизированное приспособление 8, 184
- Автоматизированная система проектирования 224
- Активный контроль 253

Б

- Базирование 11
- Бандажная полка 345

В

- Вакуумный привод 88
- Винтовые зажимы 58
- Втулки:
 - направляющие 92
 - кондукторные 93

Г

- Гидравлический привод 81
- Гидропласт 127, 291
- Гибкие производственные системы 176

Гидрофицированное зажимное устройство 170

Головка контактная 291

Групповое приспособление 7, 147

Губки 141, 345

Д

- Датчик 333
- Делительные элементы 98, 144
- Державка 233
- Диски делительные 99
- Допуск 8, 259

З

- Зажимное усилие 51, 57
- Зажимные элементы 47, 289
- Зажимы:
 - простые 58
 - пружинные 69
 - пружинно-гидравлические 73, 174

И

Исходное усилие 48
Измерительная головка 291
Индикатор 293

К

Каретка 287
Клиновой зажим 58
Кондуктор 42, 134, 187
Корпусные элементы 105
Координатные измерительные
машинны 333
Контрольно-измерительное
приспособление 252
Коэффициент надежности
закрепления 51
Кулачки 30, 158

Л

Лопатка 184, 338

М

Магнитный привод 89
Мембрана 121
Метод измерения 252, 304
Механизированные
приспособления 8, 184

Многоместное приспособление
255, 331

Многоместное приспособление
8, 183

Многошпиндельная сверлиль-
ная головка 244

Н

Направляющие элементы 90,
96

О

Опора:
 подводимая 20
 постоянная 18
 регулируемая 18
 самоустанавливающаяся 21
Оправка 23, 115, 120, 126, 268

Отклонения:
 размера 307
 формы 311
 расположения 317

П

Патрон:
 мембранный 121
 поводковый 159, 177

Палец установочный 24, 36, 42

Погрешность:

- базирования 9, 15, 263
- закрепления 9, 15, 291
- изготовления и износа
- приспособления 16, 17
- измерения 259, 357
- передаточных устройств 262
- обработки 8
- установки 9, 261, 301

Привод силовой 75

Призма 27, 364

Прихват 61

Пневмогидравлический привод
75, 83, 151

Пневмопривод 75, 76, 144

Пружкины пластинчатые 126

Р

Расчет:

- надежности закрепления 52,
219
- приспособления на точность
9, 218, 260
- экономической эффектив-
ности 220

Расчетная схема 52, 219

Рычаг 276, 278

С

Самоцентрирующие элемен-
ты 23, 30

Сборно-разборные приспособ-
ления 192

Сменная наладка 7, 330

Специализированное приспособ-
ление 7

Средства измерения 258

Станочные приспособления 5

Схема контроля 313, 318

Т

Тиски 142, 175

Токарный патрон 112, 124, 155,
158

У

Универсально-сборное приспособ-
ление 7, 196

Универсальное приспособле-
ние 6

Установочные элементы 11, 14

Установочные меры 262, 303

Установы 97

Ф

Фиксатор 98
Фланец переходный 39, 108, 109
Фрезерное приспособление 39,
110, 141, 145, 183

Ц

Цанга 117
Центр 37, 108, 161

Ш

Шаблон 96
Шпиндель 108, 286
Шпонка 111
Штагив 297

Щ

Щуп 97, 333

Э

Эксцентриковый зажим 61
Эксцентриситет 60
Элементы приспособления 10,
196, 255

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	3
РАЗДЕЛ А. Конструкции и проектирование станочных приспособлений	5
Глава 1. Общие сведения о станочных приспособлениях	5
1.1. Назначение приспособлений	5
1.2. Классификация станочных приспособлений	6
1.3. Требования к приспособлениям	8
1.4. Элементы приспособлений	10
Глава 2. Способы установки заготовок и конструкции установочных элементов	11
2.1. Назначение установочных элементов и требования к ним	11
2.2. Типовые схемы установки заготовок и конструкции установочных элементов	14
2.3. Примеры выполнения расчетов точности приспособлений	38
Глава 3. Зажимные элементы приспособлений	47
3.1. Назначения зажимных элементов и требования к ним	47
3.2. Определение сил зажима при различных способах установки заготовки	50
3.3. Схемы простых зажимных устройств	58
3.4. Схемы сложных зажимных устройств	61
3.5. Пружинные, полнуретановые и пружинно-гидравлические зажимы	69
3.6. Схемы силовых приводов к зажимным элементам	75

Глава 4.	Направляющие элементы и делительные устройства	90
	4.1. Назначение направляющих элементов	90
	4.2. Конструкции направляющих втулок	92
	4.3. Конструкции кондукторных втулок	93
	4.4. Конструкции направляющих элементов для настройки станков на заданный размер	96
	4.5. Назначение и конструкции делительных устройств	98
Глава 5.	Корпуса приспособлений	103
	5.1. Назначение, конструкции и материал корпусов	103
	5.2. Способы установки корпусов приспособлений на станке	106
Глава 6.	Типовые конструкции приспособлений к универсальным металлорежущим станкам	112
	6.1. Приспособления для станков токарного типа и круглошлифовальных	112
	6.2. Цанговые патроны и оправки	117
	6.3. Патроны и оправки с мембранными, с тарельчатыми пружинами и гидропластмассой	121
	6.4. Приспособления для сверлильных станков (кондукторы)	134
	6.5. Приспособления для фрезерных станков	141
	6.6. Переолаживаемые приспособления	147
Глава 7.	Приспособления для станков с программным управлением	152
	7.1. Особенности приспособлений к станкам с ЧПУ	152
	7.2. Приспособления к станкам токарной группы	153
	7.3. Приспособления к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы	162
	7.4. Технологическая оснастка для гибких производственных систем	176

Глава 8.	Высокопроизводительные приспособления для универсальных и программных станков	183
	8.1. Многместные приспособления	183
	8.2. Механизированные и автоматизированные приспособления	184
Глава 9.	Стандартизация и унификация приспособлений	191
	9.1. Значение стандартизации и унификации приспособлений	191
	9.2. Сборно-разборные приспособления	192
	9.3. Универсально-сборные приспособления	196
Глава 10.	Особенности приспособлений для электроэрозионной и электрохимической обработки и сварки заготовок	202
	10.1. Приспособления для электроэрозионной обработки заготовок	202
	10.2. Приспособления для электрохимической обработки	208
	10.3. Приспособления для сборки и сварки заготовок	214
Глава 11.	Методика проектирования приспособлений	216
	11.1. Исходные данные для проектирования	216
	11.2. Изучение исходных материалов и разработка вариантов конструктивных схем приспособлений	217
	11.3. Техничко-экономические расчеты	218
	11.4. Разработка и оформление общего вида конструкции приспособления	222
	11.5. Основные понятия об автоматизации проектирования приспособлений	224
РАЗДЕЛ Б.	Вспомогательный инструмент для металлорежущих станков	227
Глава 12.	Вспомогательный инструмент для универсальных металлорежущих станков	229
	12.1. Вспомогательный инструмент для станков токарной группы	229
	12.2. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков	240

Глава 13.	Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ	217
	13.1. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы	217
	13.2. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы	249
РАЗДЕЛ В.	Контрольно-измерительные приспособления	252
Глава 14.	Общие сведения о контрольно-измерительных приспособлениях	252
	14.1. Назначение, классификация и структура контрольно-измерительных приспособлений	252
	14.2. Выбор средств контроля и измерения	257
	14.3. Расчет КИП на точность	260
Глава 15.	Конструкции элементов КИП и расчет составляющих суммарной погрешности измерения	263
	15.1. Базирующие элементы и расчет погрешностей базирования	263
	15.2. Передаточные элементы и их погрешности	275
	15.3. Подвижные элементы	286
	15.4. Зажимные элементы	289
	15.5. Вспомогательные элементы	291
	15.6. Определение остальных составляющих суммарной погрешности измерения	301
Глава 16.	Приспособления для контроля отклонений линейных размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей	307
	16.1. Конструкции приспособлений для контроля отклонений линейных размеров деталей	307
	16.2. Приспособления для контроля отклонений формы поверхностей деталей	311
	16.3. Приспособления для контроля отклонений взаимного расположения поверхностей деталей	317

Глава 17.	Переналаживаемые, многомерные контрольные приспособления и контроль деталей на станках с ЧПУ	350
	17.1. Переналаживаемые приспособления	330
	17.2. Многомерные контрольные приспособления	331
	17.3. Контроль параметров обрабатываемых заготовок на станках с ЧПУ	353
Глава 18.	Приспособления для контроля параметров сложной геометрической формы деталей авиадвигателей	338
	18.1. Приспособления для контроля геометрических параметров лопаток	338
	18.2. Приспособления для контроля геометрических параметров дисков	347
Глава 19.	Методика проектирования контрольных приспособлений	352
	19.1. Проектирование специальных контрольно-измерительных приспособлений	354
	19.2. Особенности проектирования переналаживаемых контрольных приспособлений	361
	Список литературы	363
	Предметный указатель	366

Учебное издание

ШУЛЕПОВ АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ
ШМАНЕВ ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ШИТАРЕВ ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ОСНАСТКИ

Учебник

Редакторы: М. Н. Логунова, Т. К. Кретьнина
Техн. редактор: Н. М. Каленюк
Корректоры: Т. П. Щелокова, Т. И. Кузнецова,
Л. Я. Чегодаева, Т. К. Кретьнина

Лицензия ЛР № 020301 от 28.11.91.

Подписано в печать 30.12.96. Формат 60x84^{1/16}.

Бумага газетная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 24,75. Усл. кр.-отт. 24,89. Уч.-изд. л. 26,6.

Тираж 1000 экз. Заказ 259. Арт. С-10/96.

Самарский государственный
аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443001, Самара, ул. Молодогвардейская, 151.