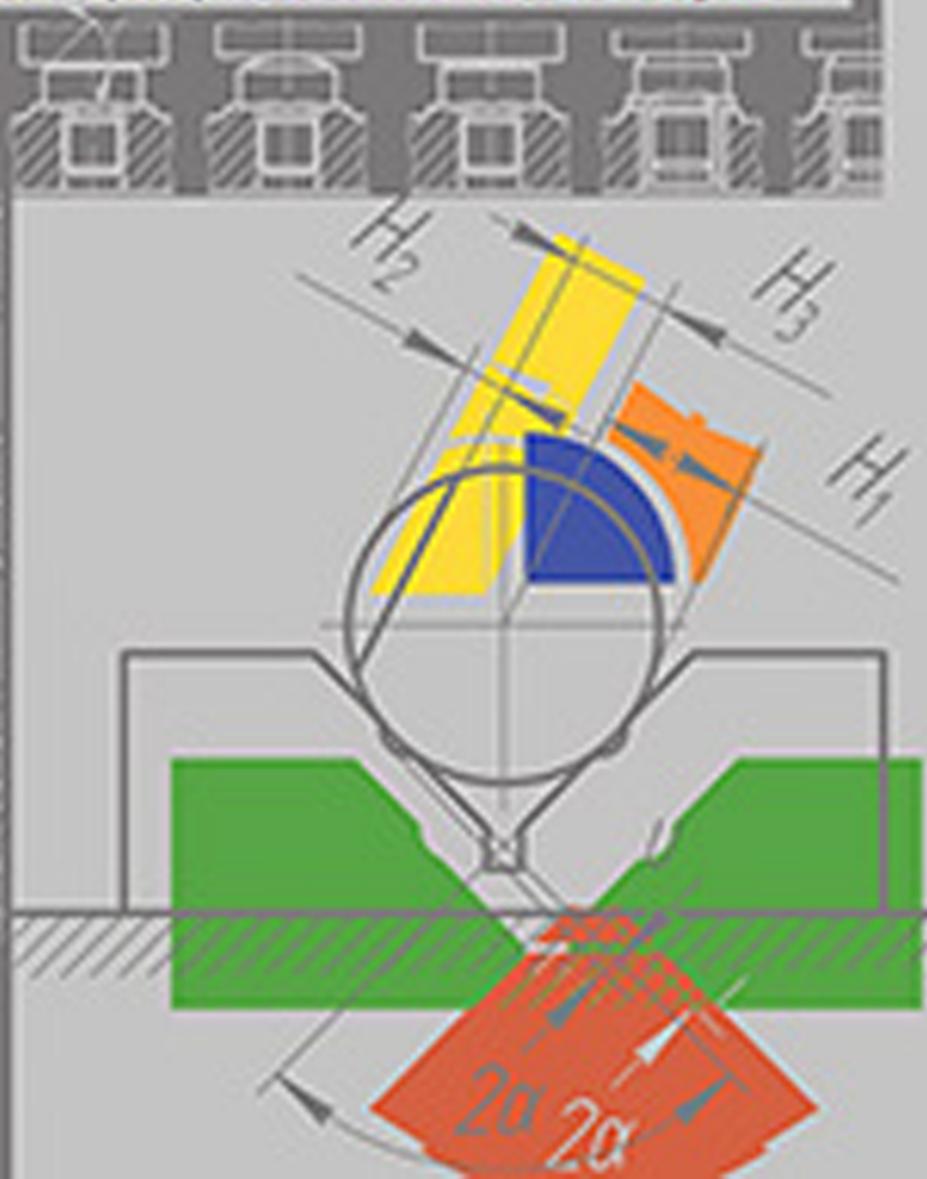


# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

О. И. Тарабаркин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко



**О. И. ТАРАБАРИН  
А. П. АБЫЗОВ  
В. Б. СТУПКО**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Издание второе,  
исправленное и дополненное

*ДОПУЩЕНО  
УМО вузов по образованию  
в области автоматизированного  
машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия  
для студентов вузов,  
обучающихся по направлению подготовки  
«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ · МОСКВА · КРАСНОДАР  
2013

ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

Издательство «Лань»  ЛАНЬ®

ББК 30.605я73

Т 19

**Тарабарин О. И., Абызов А. П., Ступко В. Б.**

**Т 19** Проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 304 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

**ISBN 978-5-8114-1421-5**

В учебном пособии систематизированы материалы по классификации технологической оснастки на основе элементов приспособлений, что приводит к сокращению числа частных случаев при расчетах и выборе конкретных конструкций приспособлений. Большое место в учебном пособии уделяется теоретическим расчетам первичных погрешностей базирования и установки заготовок, приводятся конкретные схемы и их расчет. Технологическая оснастка изучается студентами в рамках перечня специальных дисциплин. Пособие включает все разделы, связанные с проектированием оснастки, расчетами для определения сил закрепления и точности проектируемых приспособлений.

Предлагаемое учебное пособие подготовлено в соответствии с новым ФГОС по направлению подготовки бакалавров и магистров «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

**ББК 30.605я73**

**Рецензенты:**

*В. Н. МАТВЕЕВ* — кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой «Технология нефтегазового машиностроения» Альметьевского государственного нефтяного института; *Р. М. ХИСАМУТДИНОВ* — кандидат технических наук, директор технологического центра — главный технолог ОАО «КАМАЗ».

**Обложка**

*Е. А. ВЛАСОВА*

*Охраняется законом РФ об авторском праве.  
Воспроизведение всей книги или любой ее части  
запрещается без письменного разрешения издателя.  
Любые попытки нарушения закона  
будут преследоваться в судебном порядке.*

© Издательство «Лань», 2013  
© О. И. Тарабарин, А. П. Абызов,  
В. Б. Ступко, 2013  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2013

# ВВЕДЕНИЕ

**М**ашиностроение — ведущий комплекс отраслей в промышленности. Его уровень определяет дальнейшее развитие всей промышленности. В развитом обществе постоянно уделяют большое внимание развитию машиностроения, подготовке для него инженерно-технических и научно-педагогических кадров. По сравнению с другими отраслями машиностроение развивается большими темпами. Важное место отводится машиностроению и в промышленности страны на будущее.

В РФ создана мощная машиностроительная индустрия. Наиболее важной отраслью машиностроения является станкостроительное производство, выпускающее технологическое оборудование, приспособления, инструменты для машиностроительных заводов.

Технологами-машиностроителями выполнена большая работа по развитию производства машин, а российскими учеными внесен значительный вклад в развитие и формирование научных основ технологии.

Необходимость непрерывного повышения производительности труда на основе современных средств производства ставит перед машиностроением весьма ответственные задачи. К их числу относятся: повышение качества машин, снижение их материалоемкости, трудоемкости и себестоимости изготовления, нормализация и унификация их элементов, внедрение поточных методов производства, его механизация и автоматизация, а также сокращение сроков подготовки производства новых объектов. Решение указанных задач обеспечивается улучшением конструкции машин, совершенствованием технологии их изготовления, применением прогрессивных средств и методов производства. Большое значение в совершенствовании производства машин имеют различного рода приспособления.

Приспособления, рабочие и контрольные инструменты, вместе взятые, называют технологической оснасткой, причем

приспособления являются наиболее сложной и трудоемкой ее частью. Современные механосборочные цехи располагают большим парком приспособлений. В крупносерийном и массовом производстве на каждую обрабатываемую деталь приходится в среднем десять приспособлений. Наиболее значительную их долю (80–90 % общего парка приспособлений) составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. Недостаточно продуманные технологические и конструкционные решения при создании приспособлений приводят к удлинению сроков подготовки производства, к снижению его эффективности.

Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда, сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности.

Производительность при использовании приспособлений повышается ускорением разметки заготовок и сокращением штучного времени по всем основным технологическим операциям. Анализируя формулу штучного времени, можно установить, что при использовании приспособлений сокращаются все его составляющие. Основное время уменьшают, применяя многоинструментальную обработку и многоместные приспособления, а также повышая режимы резания в результате увеличения жесткости технологической системы. Вспомогательное время уменьшают, используя установку заготовок без выверки, быстродействующие устройства для закрепления, поворота и съема заготовок, а также путем перекрытия (частичного или полного) вспомогательного времени основным. Время технического обслуживания сокращают, применяя устройства для быстрой смены инструмента и его наладки. Устройства для отвода стружки уменьшают время организационного обслуживания, а облегчение условий труда — время перерывов в работе. Использование приспособлений способствует также уменьшению подготовительно-заключительного времени при выпуске изделий партиями.

Применение приспособлений снижает трудоемкость  $T$  и себестоимость  $C$  обработки деталей (рис. 1) На рисунке 1а приведена зависимость трудоемкости  $T$  от коэффициента оснащенности  $K$  (под которым понимается отношение числа приспособлений к числу операций обработки данной детали), а на рисунке 1б — зависимость себестоимости обработки  $C$  от допуска  $\delta$  на изготовление. Линии 1 характеризуют одноместные приспособления ручного типа, а линии 2 — приспособления механизированные и многоместные.

Применение приспособлений расширяет использование универсальных станков. Так, одношпиндельные сверлильные станки, оснащенные многошпиндельными головками, заменяют многошпиндельные станки. На расточном станке обычной точности можно обрабатывать точные отверстия, обеспечивая требуемое направление расточной скалки кондукторными втулками приспособления. При невозможности быстрой замены малопроизводительного оборуду-



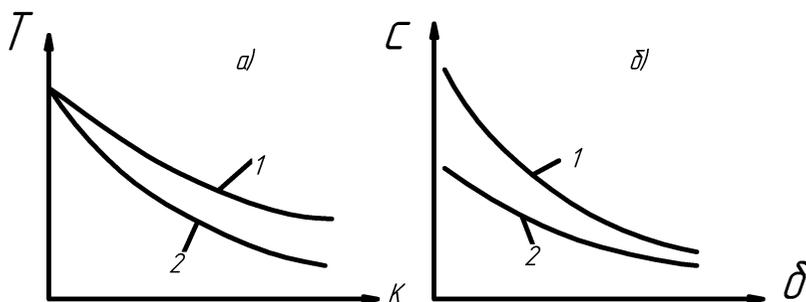


Рис. 1

Зависимость трудоемкости и себестоимости от применения приспособлений:

*a* — зависимости трудоемкости  $T$  от коэффициента оснащённости  $K$ ; *б* — зависимости себестоимости обработки  $C$  от допуска на изготовление  $\delta$ .

дования его производительность повышают применением более эффективных приспособлений.

Использование приспособлений снижает себестоимость продукции. Однако в каждом конкретном случае целесообразность применения приспособлений должна подтверждаться экономическими расчетами.

Применение быстродействующих и автоматизированных приспособлений совместно с управляющими и транспортирующими устройствами является одним из эффективных направлений автоматизации универсального технологического оборудования, способствующих внедрению многостаночного обслуживания и высвобождению рабочих.

В автоматизированном производстве приспособление является элементом сложного транспортирующего, загрузочно-разгрузочного комплекса.

При разработке приспособлений имеются широкие возможности для проявления творческой инициативы по созданию конструкций, обеспечивающих наибольшую эффективность и рентабельность производства, по снижению стоимости приспособлений и сокращению сроков их изготовления. Приспособления должны быть удобными и безопасными в работе, быстродействующими, достаточно жесткими для обеспечения заданной точности обработки, удобными для быстрой установки на станок, что особенно важно при периодической смене приспособлений в серийном производстве, простыми и дешевыми в изготовлении, доступными для ремонта и замены изношенных деталей.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ И МЕТОДЫ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

## 1.1. ПОНЯТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ. РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ В ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

**М**ашиностроение — ведущий комплекс отраслей в промышленности России. Уровень его развития в целом определяет дальнейшее развитие всего промышленного потенциала страны. Наиболее важной отраслью машиностроения является станкостроительное производство. В его задачу входит выпуск технологического оборудования и технологической оснастки. *Технологической оснасткой называется совокупность приспособлений, режущих и мерительных инструментов.*

Большая роль в производстве различного рода машин отводится технологической подготовке производства, которая является совокупностью взаимосвязанных процессов, обеспечивающих готовность предприятия к выпуску машин (изделий) при установленных сроках, объеме выпуска и затратах. К технологической подготовке производства относится также проектирование и изготовление технологической оснастки. Трудоемкость проектирования технологической оснастки составляет до 80 %, а длительность — до 90 % от всего этапа. Затраты на технологическую оснастку составляют примерно 10–15 % от себестоимости машины. Организация и управление технологической подготовкой производства регламентируются стандартами ЕСТПП. В структуре технологической оснастки наибольшую долю ее занимают приспособления. В машиностроении применяется порядка 25 миллионов приспособлений. В среднем при обработке одной детали используется около 10 приспособлений.

*Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий.*

Наиболее значительную их долю (около 80–90 % общего парка приспособлений) составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления заготовок. *Станочными приспособлениями называются дополнительные*

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

Сложность технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. Плохо проработанные технологические и конструкционные решения увеличивают сроки подготовки производства.

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

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

**2. Повышение производительности труда.** Повысить производительность труда — значит сохранить норму штучного калькуляционного времени на операцию. Норму штучно-калькуляционного времени определяют по формуле

$$T_{шт.к} = T_o + T_b + T_{тех.об} + T_{орг.об} + T_{пер} + T_{пз} / n,$$

где  $T$  — время:  $T_o$  — основное;  $T_b$  — вспомогательное;  $T_{тех.об}$  — технического обслуживания;  $T_{орг.об}$  — организационного обслуживания;  $T_{пер}$  — перерывов;  $T_{пз}$  — подготовительно-заключительное;  $n$  — величина партии деталей. В общих затратах труда на обработку деталей наибольший удельный вес имеет основное  $T_o$  и вспомогательное время  $T_b$ . Для дальнейшего повышения производительности труда необходимо не только сокращать основное время  $T_o$ , но и главным образом снижать затраты вспомогательного времени  $T_b$  (рис. 2).

Характер кривых 1 и 2 показывает, что наилучших результатов в повышении производительности труда можно добиться лишь путем одновременного сокра-

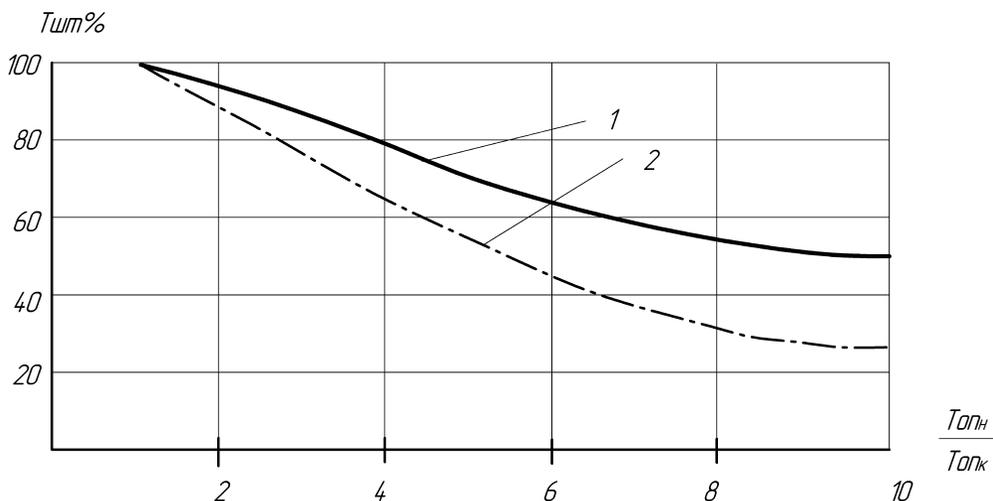


Рис. 2

Влияние уменьшения составляющих оперативного времени на трудоемкость механической обработки:

1 — снижение трудоемкости за счет уменьшения основного времени; 2 — снижение трудоемкости за счет одновременного уменьшения основного и вспомогательного времени;  $T_{оп.н}$  — начальное оперативное время;  $T_{оп.к}$  — конечное оперативное время.

щения основного и вспомогательного времени на обработку деталей (кривая 2). Например, при уменьшении основного времени в 10 раз производительность труда может быть увеличена в 1,75 раза (кривая 1). Но если во столько же раз сократить и вспомогательное время, то производительность труда и съём продукции увеличатся более чем в 5 раз. Это свидетельствует о том, что сам факт применения приспособления и совершенство его конструкции оказывают большое влияние на повышение производительности труда. Вспомогательное время можно сократить, уменьшив время на установку деталей или совместив  $T_v$  и  $T_o$ . Оперативное время  $T_{\text{опер}} = T_o + T_v$  можно уменьшить, применив приспособления, повышающие степень концентрации операций механической обработки. Приспособления расширяют возможности интенсификации технологических процессов, используя параллельные и параллельно-последовательные схемы обработки поверхностей.

**3. Расширение технологических возможностей оборудования.** Применение приспособлений расширяет использование универсальных станков, которыми в основном оснащены заводы серийного производства. С помощью таких приспособлений на станке выполняют работу, для осуществления которой необходим станок совершенно другого типа. Так, одношпиндельные сверлильные станки, оснащенные многошпиндельными головками, заменяют многошпиндельные станки. На расточном станке обычной точности можно обрабатывать точные отверстия, обеспечивая требуемое направление расточной скалки кондукторными втулками приспособления. Такие приспособления позволяют производить обработку шлифованием, протягиванием и фрезерованием на токарном станке, растачивание и долбление — на фрезерном, обработку точных отверстий — на сверлильных станках и др. При невозможности быстрой замены малопроизводительного оборудования его производительность повышают применением более эффективных приспособлений. Приспособления, расширяющие технологические возможности станков, позволяют осуществить: закрепление инструментов, редко используемых при работе на станке; дополнительные взаимные перемещения инструментов и обрабатываемых деталей; закрепление инструментов и обрабатываемых деталей на не предназначенных для этой цели поверхностях.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Все многообразие приспособлений можно расклассифицировать по трем основным признакам (рис. 3).

### 1.2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ЦЕЛЕВОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

По целевому назначению приспособления делят на следующие группы.

**1. Станочные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок.** Самая многочисленная группа приспособлений — около 70–80 % от всех приспособлений. Эти приспособления в свою очередь подразделяют (по видам оборудования, где они применяются) на токарные, фрезерные, сверлильные, расточные и т. д. К этой группе относятся и приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и т. д.).

**2. Станочные для установки и закрепления рабочего инструмента.** Характеризуются большим числом нормализованных конструкций, что объясняется



Рис. 3  
Основные признаки классификации приспособлений

нормализацией и стандартизацией самих рабочих инструментов. Сюда относятся различные патроны для сверл, разверток, метчиков, фрезерные и сверлильные многшпиндельные головки, инструментальные державки токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. При помощи этих двух групп приспособлений производится наладка технологической системы: станок – приспособление – инструмент – деталь.

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

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

**5. Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания** тяжелых, а в автоматизированном производстве — любых заготовок и собираемых деталей.

### 1.2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТЕПЕНИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Станочные приспособления делят на универсальные, переналаживаемые и специальные (рис. 4).

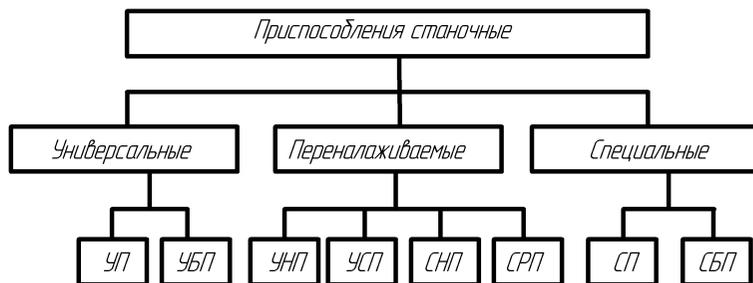


Рис. 4  
Классификация станочных приспособлений по степени специализации

### 1.2.3. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

**1. Универсальные приспособления (УП).** Применяются в единичном и мелкосерийном производствах для установки и закрепления заготовок, разных по форме и габаритным размерам, обрабатываемых на различных металлорежущих станках (различные патроны, машинные тиски, делительные головки и т. д.). Они в свою очередь подразделяются на стандартные и специальные.

Стандартные изготавливаются в централизованном порядке. Специальные изготавливают для деталей определенного типа, но разных размеров.

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

#### 1.2.4. ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

**1. Универсально-наладочные приспособления (УНП).** Применяют для установки и закрепления определенной группы схожих по форме заготовок деталей, обрабатываемых на токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Эти приспособления состоят из двух частей — универсальной и сменной. Универсальная часть является постоянной и состоит из корпуса, силового привода и некоторых деталей. Эта часть приспособления изготавливается заблаговременно согласно соответствующим ГОСТам. Наладочная часть состоит из сменных накладок, изготавливаемых в соответствии с формой и габаритными размерами обрабатываемых деталей. Трудоемкость изготовления сменных накладок почти в 1,5 раза меньше трудоемкости изготовления специальных приспособлений для установки таких же деталей. Универсальную часть можно использовать многократно, что существенно сокращает сроки и затраты на подготовку производства.

**2. Универсально-сборные приспособления (УСП).** Система УСП была разработана и внедрена в машиностроении В. С. Кузнецовым и В. А. Пономаревым в 1947 г. Технико-организационная сущность системы УСП заключается в том, что любое специальное станочное приспособление собирается из стандартизованных и нормализованных деталей и узлов, заранее изготовленных и многократно используемых в собираемых приспособлениях. Комплект УСП состоит из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных и других деталей (комплект может содержать до 25 000 деталей).

Изготовление приспособления из деталей УСП включает в себя: разработку схемы сборки приспособления в соответствии с видом технологической операции обработки детали и станка; сборку приспособления из нормализованных деталей; использование собранного приспособления для изготовления деталей на соответствующем станке; разборку приспособления; раскладку деталей УСП для хранения. Применение системы УСП в 2–3 раза сокращает сроки технологической подготовки производства.

**3. Специализированные наладочные приспособления (СНП).** Состоят из двух частей. Первая часть — базовый агрегат, несущий, как правило, основную базовую поверхность, и вторая часть — специализированная сменная накладка. Во многих случаях базовый агрегат имеет одну или несколько вспомогательных базовых поверхностей для установки на них специальных сменных накладок, предназначенных для направления режущего инструмента, механизма закрепления заготовки и других деталей. Специальная сменная накладка проектируется и изготавливается с учетом специфики конкретной заготовки. При этом учитываются оптимальные условия ее установки в приспособлении.



**4. Сборно-разборные приспособления (СРП).** Собираются из набора нормализованных деталей и узлов, допускающих многократную перекомпоновку собираемых конструкций. После снятия изделия с производства, при изготовлении которого использовались СРП, они разбираются и, так же как УСП, используются при сборке новых специальных приспособлений для обработки деталей нового изделия. В СРП элементом фиксации является цилиндрический палец и точное отверстие (в УСП – шпонка – шпоночный паз). При этом точность компоновки приспособления выше по сравнению с УСП, и она сохраняется в процессе эксплуатации. Крупногабаритные компоновки приспособлений можно создавать на монолитной плите, что обеспечивает повышение жесткости системы и возможность обработки на более высоких режимах.

#### 1.2.5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

**1. Специальные приспособления (СП).** Предназначены для выполнения определенных технологических операций и представляют собой не переналаживаемые приспособления одноцелевого типа. Их используют в массовом производстве при постоянном закреплении операций на рабочих местах. В серийном производстве часто применяют групповые не переналаживаемые СП для одновременной обработки группы прикрепленных деталей. СП трудоемки и дорогостоящи в изготовлении, так как их изготавливают методами единичного производства. При освоении нового изделия ранее использовавшиеся специальные приспособления уже не пригодны. Необходимо конструировать и изготавливать новые, что занимает до 80 % длительности цикла технологической подготовки производства.

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

#### 1.2.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТЕПЕНИ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

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

### 1.3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Экономический эффект от применения приспособлений определяют путем сопоставления годовых затрат и годовой экономии для сравниваемых вариантов изготовления деталей. Годовые затраты состоят из амортизационных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию приспособления. Годовая экономия получается за счет снижения трудоемкости изготовления деталей, т. е. за счет сохранения затрат на заработную плату рабочих-станочников и уменьшения цеховых накладных расходов.

Применение приспособлений экономически выгодно в том случае, если годовая экономия от его применения больше годовых затрат, связанных с его эксплуатацией. Экономическая эффективность любого приспособления определяется также величиной срока окупаемости, т. е. срока, в течение которого затраты на приспособление будут возмещены за счет экономии от снижения себестоимости обрабатываемых деталей.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях с целью достижения высокой точности обработки применяют приспособления независимо от их экономической эффективности.

При технико-экономических расчетах, производимых при выборе соответствующей конструкции приспособления, необходимо сопоставить экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для конкретной операции. Считая, что расход на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию для этих вариантов одинаковы, определяют и сравнивают лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления. Следовательно, элементы себестоимости обработки, зависящие только от конструкции приспособления, для сравниваемых вариантов при использовании нового (себестоимость  $C_A$ ) и старого (себестоимость  $C_B$ ) определяют по формуле

$$C_A = S_A \left( 1 + \frac{H}{100} \right) + \frac{S_A}{\Pi} \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right);$$

$$C_B = S_B \left( 1 + \frac{H}{100} \right) + \frac{S_B}{\Pi} \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right),$$

где  $C_A$  — затраты на изготовление приспособления по новому варианту, руб.;  $C_B$  — затраты на изготовление приспособления по старому варианту, руб.;  $S_A$  — штучная заработная плата станочника при использовании нового приспособления при обработке, руб.;  $S_B$  — штучная заработная плата станочника при

использовании старого приспособления при обработке, руб.;  $H$  — цеховые накладные расходы в процентах к заработной плате рабочих;  $\Pi$  — годовая программа выпуска деталей, шт.;  $A$  — срок амортизации приспособления, годы;  $q$  — расходы, связанные с эксплуатацией приспособления (ремонт, содержание, регулировка), в процентах от его стоимости.

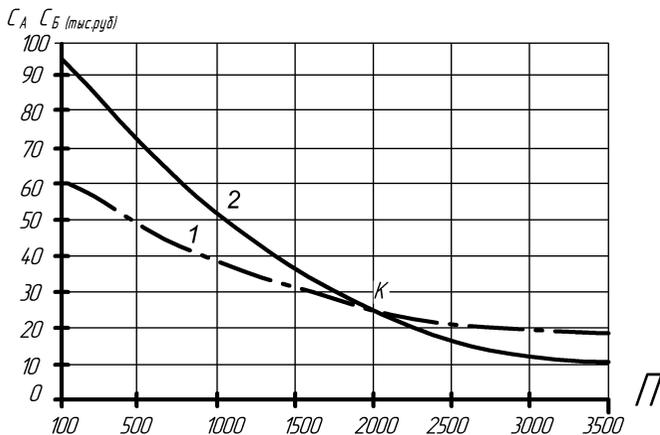


Рис. 5

Изменение себестоимости от годового выпуска изделий:  
1 — новый вариант; 2 — старый вариант.

На рисунке 5 приведен график изменения



величин себестоимости  $C_A$  и  $C_B$  в зависимости от годового выпуска  $\Pi$  — деталей. Точка пересечения  $K$  обеих кривых соответствует той программе выпуска  $\Pi_K$  деталей, при которой оба сопоставляемых варианта в экономическом отношении равноценны. Величину этой программы, а следовательно, и точку пересечения кривых находят, решая совместно уравнения для  $C_A$  и  $C_B$  относительно  $\Pi_K$ :

$$\Pi_K = \frac{(S_A - S_B) \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right)}{(S_B - S_A) \left( 1 + \frac{H}{100} \right)}.$$

Из графика следует, что если заданная годовая программа  $\Pi > \Pi_K$ , то выгоднее применять более сложное приспособление (новый вариант), и наоборот, при  $\Pi < \Pi_K$  экономичнее применять приспособление по старому варианту.

#### 1.4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Чрезвычайное разнообразие конструкций приспособлений в машиностроении обусловлено субъективным подходом конструктора к решению одной и той же поставленной задачи. Однако основные принципы проектирования приспособлений при этом во многом являются идентичными и сводятся к проектированию отдельных его элементов. *Элементом* называется деталь или простейший узел приспособления, предназначенный для выполнения *определенной функции*. Характерных функций немного, соответственно, немногочисленны и элементы приспособлений. Проектирование элемента базируется на удовлетворении требований, характеризующих выполняемую ими функцию. Общность функции обуславливает общность требований, а общность требований — общую методику проектирования элементов одной группы. Конструкции всех станочных приспособлений основываются на использовании типовых элементов, которые можно разделить на следующие группы:

- установочные элементы, определяющие положение детали в приспособлении;
- зажимные элементы — устройства и механизмы для крепления деталей или подвижных частей приспособлений;
- элементы для направления режущего инструмента и контроля его положения;
- силовые устройства для приведения в действие зажимных элементов (механические, электрические, пневматические, гидравлические);
- корпуса приспособлений, на которых закрепляют все остальные элементы;
- вспомогательные элементы, служащие для изменения положения детали в приспособлении относительно инструмента, для соединения между собой элементов приспособлений и регулирования их взаимного положения;
- делительные и копировальные элементы.

Установочные детали приспособлений, контактирующие с установочными поверхностями заготовок, применяются в виде опорных штырей, пластин, призм, установочных пальцев и др. В установочную систему приспособлений входят также ориентирующие или центрирующие устройства и механизмы опор.



При базировании заготовок плоскими поверхностями установочные элементы выполняются в виде опорных штырей и пластин.

Для базирования заготовок цилиндрической формы применяют установочные призмы, а при базировании по отверстию — установочные пальцы.

Ориентирующие и самоцентрирующие устройства позволяют при установке в приспособление заготовок ориентировать их по плоскостям симметрии. В этих случаях приспособления имеют не только центрирующие, но и зажимные устройства.

Зажимные элементы должны обеспечивать надежный контакт обрабатываемой заготовки с установочными элементами и препятствовать ее перемещению под действием возникающих при обработке усилий. Они не должны вызывать деформации и порчи поверхностей детали. Элементы, основанные на использовании клина, винта, эксцентрика, рычага шарнира и т. п., называются зажимами. Применяют и комбинированные зажимные механизмы.

Элементы для направления режущего инструмента используются при изготовлении деталей на сверлильных и расточных станках. Направление инструмента обеспечивается неподвижными или вращающимися кондукторными втулками. Неподвижные кондукторные втулки бывают постоянные, сменные, быстросменные и специальные.

Силовые устройства служат в качестве усилительных звеньев зажимных механизмов.

Делительные и копировальные элементы используются в приспособлениях для правильного углового и линейного перемещения деталей, их фиксации и создания определенной траектории движения режущего инструмента.

К вспомогательным элементам приспособлений относятся выталкиватели, защелки, замки, ручки и т. п. части.

Корпусные элементы приспособлений являются основной частью приспособлений, на которой закрепляют все остальные элементы. Они воспринимают все усилия, действующие на деталь при ее закреплении и обработке. При конструировании корпусов приспособлений учитывают удобства установки и закрепления обрабатываемой детали, удобство подвода инструментов и удаления стружки, а также условия, обеспечивающие точность их установки и закрепления на станке. Корпуса приспособлений делают литыми из чугуна, сварными из стали или сборными из отдельных элементов, скрепляемых болтами.

## 1.5. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Процесс конструирования приспособления связан с обеспечением точности на этапе установки заготовки.

Под установкой заготовки понимается процесс ее базирования (придание заготовке определенного положения в пространстве относительно выбранной системы координат) и закрепления (приложение сил и моментов, обеспечивающих в процессе обработки постоянство положения заготовки, достигнутого при базировании). На каждом из этих этапов возникают свои погрешности, которые непосредственно влияют на точность выполняемого размера. При разработке технологического процесса механической обработки технолог выбирает комплект базовых поверхностей для изготовления детали, которые определяют точ-

ность получения тех или иных размеров детали. Установка заготовки базовыми поверхностями в приспособлении определяет ее положение относительно режущего инструмента. Применяют три основных способа установки заготовки для ее обработки на станке.

1. С индивидуальной выверкой ее положения по соответствующим поверхностям.

2. С выверкой ее положения по рискам разметки.

3. Непосредственная установка в приспособлении. Первые два способа весьма трудоемки и применяются при изготовлении деталей на станках в единичном и мелкосерийном типах производства. Третий способ установки является наилучшим, так как он обеспечивает точное положение заготовки в рабочей зоне станка, требует минимальной затраты вспомогательного времени, применяется в массовом, крупносерийном и серийном типах производств.

Базовыми или установочными поверхностями заготовки изготавливаемой детали называются такие поверхности, которые определяют ее положение относительно исполнительных поверхностей станка или приспособления.

Заготовки деталей, устанавливаемых в станочные приспособления, в зависимости от их геометрической формы имеют различные комплекты базовых поверхностей.

Черновыми базами называют необработанные поверхности заготовки, используемые для ее установки в приспособлении при обработке на первой операции.

Чистовыми базами называют обработанные поверхности заготовки, служащие для ее установки в приспособлениях при обработке на всех последующих операциях технологического процесса.

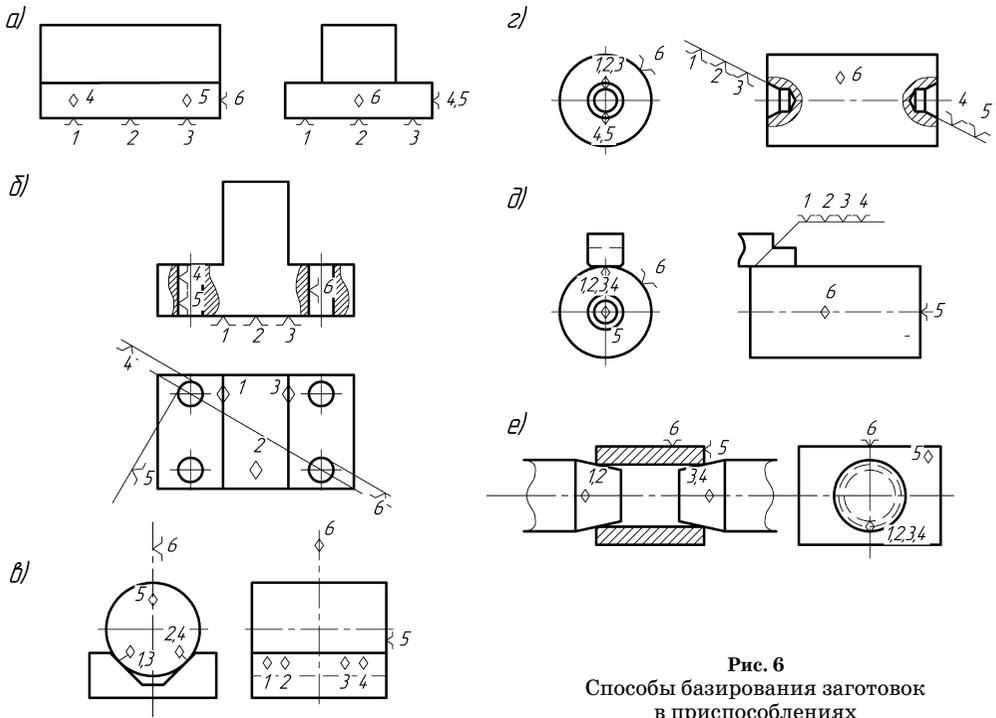
Конструкторскими базами называют поверхность или сочетание поверхностей, которые определяют положение детали относительно других деталей, сопряженных с ней в сборочной единице.

Технологическими базами называют поверхности или сочетания поверхностей, которые определяют положение заготовки (детали) относительно исполнительных поверхностей приспособления или станка в процессе обработки или сборки.

Измерительными базами называют поверхности или сочетания поверхностей, которые определяют положение измеряемой детали относительно исполнительных поверхностей измерительного средства.

Твердое тело имеет шесть степеней свободы: три связаны с перемещением тела вдоль трех взаимно-перпендикулярных осей координат  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  и три — с возможным его поворотом относительно этих осей. При установке заготовки в приспособлении она лишается каждой степени свободы за счет контакта базовой поверхности к соответствующей неподвижной точке (опоре) приспособления. Каждая опора лишает тело одной степени свободы, следовательно, для того чтобы заготовка лишилась всех шести степеней свободы, необходимо наличие в приспособлении шести неподвижных опорных точек (правило шести точек). Эти точки находятся в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях (см. рис. 6).

Число неподвижных опор в приспособлении не должно превышать шести, так как в противном случае создается неустойчивое положение обрабатываемой заготовки в приспособлении.



**Рис. 6**  
Способы базирования заготовок  
в приспособлениях

Машиностроительные детали делятся на два основных типа:

1) детали типа тел вращения (валы, втулки, диски, барабаны, зубчатые колеса и др.);

2) призматические детали (плиты, планки, корпуса и др.).

Детали первого типа обрабатывают, как правило, с вращением заготовки (на токарных, карусельных, круглошлифовальных станках).

Детали второго типа обрабатывают без вращения заготовки (на фрезерных, плоскошлифовальных станках и т. п.).

Заготовки деталей типа тел вращения небольшой длины (высоты) — диски, втулки, зубчатые колеса и т. п. — устанавливают на призмы, в патроны, на оправки, во втулки, на установочные пальцы и т. д. (рис. 6в, г, д). В комплект технологических баз входят наружная (или внутренняя) поверхность вращения; торец; при необходимости база для угловой ориентации (выступы, отверстия, шпоночные канавки, шлицы и т. д.). Заготовки деталей типа тел вращения значительной длины (например, валы) устанавливают на две призмы; в центрах (переднем и заднем); в патрон и в задний центр и т. д. В комплект технологических баз входят наружные (или внутренние) поверхности вращения; торцы вала или ступеней вала; конические поверхности центровых отверстий; коническая поверхность хвостовика инструмента; база для угловой ориентации (выступы, отверстия, шпоночные канавки, шлицы и т. д.). Если валы имеют малую жесткость (т. е. значительно деформируются при обработке под действием сил резания), то в качестве дополнительных опор используют люнеты. Крутящий момент при обработке деталей типа тел вращения передают с помощью патронов, хомутиков.

В комплект баз, используемых при изготовлении призматических деталей, входят плоскость (установочная база); поверхности, предназначенные для ориентации заготовки на плоскости. В качестве поверхностей для ориентации используют две плоскости (направляющая и опорная базы); плоскость (направляющая база) и отверстие, ось которого перпендикулярна установочной базе; два отверстия с осями, перпендикулярными установочной базе; отверстие с осью, перпендикулярной установочной базе, и элемент для угловой ориентации заготовки (рис. 6а, б, е). При установке на плоскость в качестве опор применяют стандартные установочные детали (опоры жесткие и регулируемые, пластины опорные и т. д.). При установке по отверстиям используют установочные пальцы и разжимные оправки. При обработке призматических заготовок малой жесткости применяют дополнительные (подводимые) опоры. В некоторых случаях призматические заготовки закрепляют путем их приклеивания или заливки в специальную оснастку.

## 1.6. ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Суммарная погрешность при выполнении любой операции механической обработки состоит из:

- погрешности установки заготовки в приспособлении;
- погрешности настройки станка;
- погрешности обработки, возникающей в процессе изготовления детали.

Погрешность установки  $\varepsilon_y$  — одна из составляющих суммарной погрешности выполняемого размера детали. Она возникает при установке обрабатываемой заготовки в приспособлении.

Погрешность настройки станка  $\Delta_H$  возникает при установке режущего инструмента на размер, а также вследствие неточности копиров и упоров для автоматического получения заданных размеров на детали.

Погрешность обработки  $\Delta_{обр}$ , возникающая в процессе изготовления детали на станке, вызывается:

- геометрической неточностью станка;
- деформацией технологической системы под действием сил резания;
- неточностью изготовления и износом режущего инструмента и приспособления;
- температурными деформациями технологической системы.

Для получения годных деталей суммарная погрешность при обработке на станке должна быть меньше допуска  $TA_i$  на заданный размер детали. Это условие выражается неравенством

$$TA_i \geq \varepsilon_y + \Delta_H + \Delta_{обр}.$$

Погрешность установки складывается из погрешности базирования  $\varepsilon_6$ , погрешности закрепления  $\varepsilon_3$  и погрешности положения заготовки  $\varepsilon_{пр}$ , зависящей от неточности приспособления и определяемой ошибками изготовления и сборки его установочных элементов и их износа при работе.

Погрешностью базирования  $\varepsilon_6$  называют разность предельных расстояний измерительной базы относительно установленного на заданный размер детали

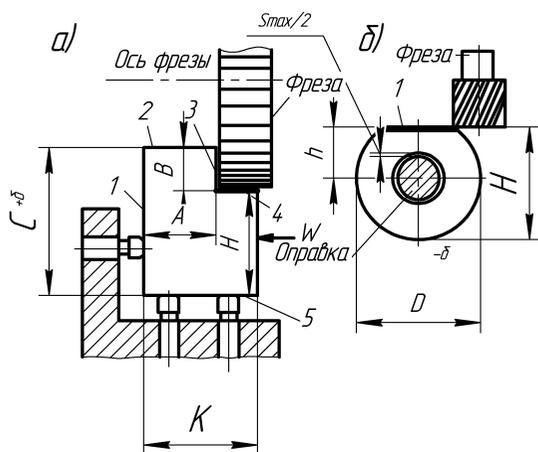


Рис. 7

Возникновение погрешности базирования заготовок в приспособлении

деленное положение, а измерительная база 2 для партии изготавливаемых деталей будет изменять свое положение от  $C_{\max}$  до  $C_{\min}$ , т. е. в пределах допуска  $TA$  на размер  $C$ . Поэтому погрешность базирования для размера  $B$  равна допуску на размер  $C$  между технологической — 5 и измерительной — 2 базами.

Круглую заготовку устанавливают отверстием на жесткую оправку для обработки скоса 1 фрезой на фрезерном станке (рис. 7б). При такой установке между отверстием заготовки и жесткой оправкой приспособления образуется зазор  $S$  и возникает погрешность базирования по размеру  $H$ . Измерительной базой для обрабатываемой поверхности 1 является ось обрабатываемой заготовки, а технологической базой — ось оправки. Вследствие зазора  $S$  оси детали и оправки не совпадают, и измерительная база — ось заготовки — может перемещаться вверх и вниз. Максимальный зазор  $S_{\max}$  при смещении заготовки является погрешностью базирования  $\epsilon_{\text{бн}} = S_{\max}$ .

Погрешностью закрепления  $\epsilon_z$  называют разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы в направлении получаемого размера вследствие приложения к обрабатываемой заготовке силы закрепления  $Q$ . Основная причина, влияющая на погрешность закрепления заготовки, — деформация базовых поверхностей деталей и стыков цепи, по которой передаются силы закрепления (механизированный привод, промежуточные звенья, корпус, установочные и зажимные детали приспособления, обрабатываемая заготовка). Большое влияние на погрешность закрепления оказывают форма и габаритные размеры обрабатываемой заготовки, точность и шероховатость базовых поверхностей, конструкция приспособления и постоянство силы закрепления. Следовательно, погрешности закрепления необходимо определять для конкретных схем установки детали в приспособлении экспериментальным путем. При обработке заготовок в достаточно жестких приспособлениях погрешность закрепления оказывает незначительное влияние на точность обработки, и ее можно не учитывать в расчетах.

режущего инструмента. Погрешность базирования возникает, когда технологическая база обрабатываемой заготовки не совмещена с измерительной.

На рисунке 7а дана схема установки, при которой технологическая направляющая база 1 обрабатываемой заготовки одновременно является и измерительной базой для поверхности 3. Поэтому погрешность базирования для размера  $A$  равна нулю:  $\epsilon_{\text{ба}} = 0$ . База 5 является технологической, а измерительной базой для обработки поверхности 4 служит поверхность 2. На настроенном станке ось фрезы занимает опре-

Погрешность положения  $\epsilon_{\text{пр}}$  заготовки относительно режущего инструмента возникает в результате неточности изготовления и сборки приспособления, износа его установочных элементов в процессе эксплуатации. Неточность при изготовлении приспособления возникает и от погрешностей изготовления его деталей, сборки и регулировки. Точность изготовления приспособления задается в рабочем чертеже и в технических условиях. На погрешность положения заготовки в приспособлении наибольшее влияние оказывает износ его постоянных установочных опор. Различные детали приспособления контролируют в установленные сроки и при износе производят соответствующий вид ремонта.

Обозначим погрешности изготовления приспособления и износ его опор через  $\epsilon_{\text{пр}}$ . Так как  $\epsilon_6$ ,  $\epsilon_3$ ,  $\epsilon_{\text{пр}}$  представляют собой поля рассеивания случайных величин, подчиняющихся закону нормального распределения, то погрешность установки  $\epsilon_y$  как суммарное поле рассеивания выполняемого размера детали определяется по формуле

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2}.$$

При выборе способа установки необходимо сравнивать полученную для данной установки погрешность  $\epsilon_y$  с допустимой погрешностью  $[\epsilon_y]$ . Для принятой схемы установки необходимо выполнение условия  $\epsilon_y < [\epsilon_y]$ .

## 1.7. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЗАДАЧИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Конструирование приспособлений тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали. В задачи технолога входят: выбор заготовки, способ ее получения; выбор технологических баз; установление маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки, дающих представление об установке заготовки; определение промежуточных размеров по всем операциям и допусков на них; установление режимов резания; определение штучного времени на операцию; выбор типа и модели станка. В задачи конструктора входят: конкретизация принятой технологом схемы установки; выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления; определение величины необходимой силы закрепления; уточнение схемы и размеров зажимного устройства; определение размеров направляющих деталей приспособления; общая компоновка приспособления с установлением допусков на изготовление деталей и сборку приспособления.

В качестве исходных данных конструктор должен иметь: чертежи заготовки и детали с техническими требованиями их приемки; операционный чертеж на предшествующую и выполняемую операции; операционные карты технологического процесса обработки данной детали. Из них выявляют последовательность и содержание операций, принятую схему базирования, используемое оборудование и инструменты, режимы резания, а также запроектированную производительность с учетом времени на установку и снятие обрабатываемой детали. Конструктору необходимы стандарты на детали и узлы станочных приспособлений, а также альбомы нормализованных конструкций. Полезно ознакомиться с аналогичными приспособлениями по литературным источникам и патентным материалам.

Из чертежей заготовки и готовой детали выявляют размеры, допуски, шероховатость поверхности, а также марку и вид термической обработки материала. Из технологического процесса получают сведения о станке, на котором ведут обработку. Это его размеры, связанные с установкой приспособления (размеры стола, размеры и расположение Т-образных пазов, наименьшее расстояние от стола до шпинделя, размеры конуса шпинделя и т. д.), и общее состояние. Необходимо также ознакомиться со станком в цехе для выявления особенностей конструкции приспособления и наиболее выгодного расположения органов его управления.

Все эти сведения необходимо иметь при проектировании любого специального приспособления. При конструировании переналаживаемых и групповых приспособлений нужно, кроме того, определить круг деталей, обрабатываемых с помощью данного приспособления, и иметь по каждой детали перечисленные выше сведения.

Наиболее рентабельная конструкция приспособления выбирается, когда учитываются технологические возможности изготовления приспособления в условиях данного предприятия и объем выпуска изделий. Этим же обосновывается решение о применении в приспособлении сменных быстроизнашивающихся деталей.

Полезно ознакомиться с аналогичными приспособлениями, используемыми на других заводах. Основательная проработка исходных данных может привести к более рациональному построению технологических операций и иной схеме приспособления, которые будут внесены технологом в карту технологического процесса.

Схема станочного приспособления определяется в основном структурой технологической операции. По числу устанавливаемых для обработки заготовок технологические операции делят на одно- и многоместные, а по числу инструментов — на одно- и многоинструментные. Порядок работы инструментов может быть последовательным, параллельным и параллельно-последовательным. Варианты структур оценивают по производительности и себестоимости, причем обязательным условием является обеспечение заданного качества обработки.

При выборе структуры стремятся к уменьшению штучного времени. Уменьшение штучного времени достигается технологическими мероприятиями и мерами по совершенствованию конструкции приспособления (например, повышая жесткость приспособления, возможна обработка на более производительных режимах резания). Вспомогательное время уменьшают, применяя быстродействующие зажимные устройства и совмещая вспомогательное время с основным путем использования поворотных приспособлений с отдельной позицией загрузки и снятия заготовки.

По этим признакам структуры технологической операции можно построить схемы приспособлений:

- по числу устанавливаемых заготовок: одно- и многоместные приспособления. Этот признак влияет на компоновку и конструкцию приспособления;
- по числу используемых инструментов: приспособления, допускающие применение одного или одновременно нескольких инструментов. При одновременном использовании нескольких инструментов требуется увеличивать силу закрепления заготовки и расширять рабочую зону обработки;



- по порядку применения инструментов и расположению инструментов: приспособления для последовательной, параллельной и параллельно-последовательной обработки. Этот признак оказывает влияние на компоновочные и конструктивные решения по части размещения установочных, зажимных и поворотных элементов приспособления;
- по числу позиций, занимаемых заготовкой относительно инструмента: одно- и многопозиционные;
- по степени непрерывности обработки: приспособления для дискретной и непрерывной обработки. При непрерывной обработке установка и снятие заготовок происходит без остановки станка, а затраченное на это время перекрывается основным временем.

Комбинируя различные признаки, можно получить достаточно большое число различных схем приспособлений. Переходя от одноместных, одноинструментных приспособлений последовательного действия к многоместным, многоинструментным приспособлениям с параллельным выполнением переходов обработки, можно на одном и том же станке существенно повысить производительность обработки малогабаритных деталей. Применяя многопозиционные приспособления, можно сократить число операций, уменьшить число станков и производственные площади. В общем случае применение таких приспособлений позволяет автоматизировать производство на базе дешевых универсальных станков, что дает существенный экономический эффект.

В настоящее время для автоматизации технологической подготовки производства, в том числе работ по автоматизации конструкторских расчетов, чертежно-графических работ и процесса конструирования станочных приспособлений, все большее применение находят ЭВМ.

Автоматизация конструкторских расчетов и процесса конструирования позволит, в свою очередь, совместить преимущества агрегатирования и широкой стандартизации с преимуществами скоростного автоматизированного проектирования. Весьма существенным является то, что такие задачи, как проектирование станочных приспособлений из стандартных элементов и наладок по типовым схемам, могут быть решены с помощью ЭВМ при относительно небольших затратах. Отметим при этом, что объем таких работ очень большой: например, для лопаток турбин в общем объеме проектных работ он составляет 70 %.

При осуществлении задачи перехода на переналаживаемую станочную оснастку большое внимание должно быть уделено вопросам внедрения разработок. Очень часто даже хорошие работоспособные конструкции и смелые идеи остаются нереализованными только по той причине, что внедрению уделяется мало внимания либо же внедрение поручается недостаточно квалифицированным специалистам.

При использовании методики получения технической документации и автоматизированного синтеза конструкций станочных приспособлений была поставлена задача автоматизированной разработки компоновки специализированного наладочного приспособления из стандартных элементов, а также автоматизированного проектирования специальных наладок на базе разработанных конструкций. Подобным же образом может быть решена и задача автоматизированного проектирования эталонов, рабочих шаблонов и чертежей



деталей, у которых большое количество размеров получают расчетным путем и для которых создан заранее отработанный чертеж — образец.

Алгоритмы решения подобных задач имеют самый простой вид, а программы могут быть стандартизованы, как и сама конструкция приспособления, наладки или детали.

## **1.8. НОРМАЛИЗАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Современные требования по обеспечению высокого и стабильного качества выпускаемых машин, повышению производительности труда и снижению себестоимости в машиностроении определяют необходимость повышения уровня оснащенности технологических процессов приспособлениями.

Ускорение темпов технического прогресса вызывает необходимость частой замены выпускаемых машин более совершенными. При этом почти вся специальная оснастка списывается, т. к. проектируется и изготавливается новая. Это влечет за собой большой объем трудовых и денежных затрат на производство приспособлений, что, в свою очередь, отражается на сроках технологической подготовки производства и себестоимости выпускаемой продукции. Большая часть всех трудовых затрат в технологической подготовке производства приходится на изготовление приспособлений и оснастки. Поэтому проблема сокращения цикла и затрат на подготовку производства становится особенно актуальной. Уменьшение сроков конструирования и изготовления приспособлений, позволяющих в короткий срок перестраивать производство на выпуск новой продукции, способствует решению этой проблемы. В условиях серийного и мелкосерийного производства особенно важно наличие гибкой перенастраиваемой высокомеханизированной системы приспособлений. Эффективными методами, ускоряющими и удешевляющими проектирование и изготовление приспособлений, являются унификация; нормализация и стандартизация деталей и элементов приспособлений на основе научных достижений и передового опыта.

Анализ работы машиностроительных заводов показывает, что большинство специальных приспособлений могут быть изготовлены из нормализованных и стандартных элементов. Приспособления с нормализованными элементами могут быть экономичными и для мелкосерийного производства, а многократное использование нормализованных и стандартных элементов приспособлений снижает их себестоимость и повышает техническую оснащенность производства.

Под нормализацией понимают стандартизацию в масштабе завода, ведомства и т. д. Высшей формой нормализации является разработка общероссийских стандартов — ГОСТ. Проведению работ по нормализации и стандартизации приспособлений предшествует унификация.

Унификация — рациональное сокращение числа типов, видов и размеров стандартных приспособлений, деталей и заготовок одного функционального назначения при улучшении их технико-экономических и качественных характеристик.

Нормализация и стандартизация дают экономический эффект на всех этапах создания и использования приспособлений.

1. На этапе проектирования. Нормализованные и стандартные детали и сборочные единицы не конструируют заново, и, следовательно, нет необходимости



делать на них рабочие чертежи. В связи с этим уменьшается стоимость и сокращается время проектирования приспособлений.

2. На этапе изготовления. При изготовлении разнообразных приспособлений с использованием нормализованных и стандартных деталей и сборочных единиц увеличивается число одинаковых деталей и сборочных единиц. Поэтому их можно изготавливать не единицами, а партиями, а также в запас, пользуясь которым можно сократить срок изготовления приспособлений.

3. На этапе эксплуатации. Ряд быстро изнашиваемых деталей приходится заменять. При использовании нормализованных и стандартных элементов ускоряется и удешевляется ремонт приспособлений.

Когда приспособление изношено или в нем исчезла необходимость, возможно дальнейшее использование еще не изношенных нормализованных и стандартных деталей сборочных единиц при изготовлении других приспособлений. Таким образом, нормализация и стандартизация дает три источника повышения рентабельности приспособлений: уменьшение стоимости; удешевление эксплуатации; повторное использование неизношенных элементов. Нормализация и стандартизация позволяет значительно сократить календарные сроки изготовления приспособлений.

В серийном производстве наблюдается тенденция построения технологических процессов и их оснащения приспособлениями по типу массового. Это естественно, так как именно массовое производство обеспечивает наибольшую производительность и наименьшую себестоимость продукции. Вместе с тем частая сменяемость объектов производства делает неэффективным использование специальных приспособлений, даже изготовленных с максимальным использованием нормализованных и стандартных элементов. Это противоречие привело к идее создания таких систем приспособлений, которые, оставаясь специальными на этапе их использования, были бы универсальны на этапах проектирования и изготовления. Эта идея нашла выражение в создании систем переналаживаемых сборно-разборных приспособлений (СРП), имеющих обратимые стандартные и нормализованные элементы, подлежащие многократному использованию.

Главная цель создания систем — резко увеличить в приспособлениях число стандартных и нормализованных узлов, механизмов и повысить эффективность приспособлений за счет многократного их использования. Наиболее сложно при создании таких систем нормализовать корпуса приспособлений, придать им универсальность. Эта задача решается двумя способами.

При первом способе вместе с корпусом нормализуют зависящие от него элементы так, чтобы эта сборочная единица обладала достаточной универсальностью. По этому принципу созданы системы универсально-наладочных приспособлений (УНП) и приспособлений для групповой и переменнo-поточной обработки.

При втором способе любой сложный корпус может быть собран из ограниченного числа геометрически простых нормализованных частей — плит, стоек, угольников и т. п. Составляющие части корпуса могут быть использованы многократно. По этому принципу создана и успешно используется система универсально-сборных приспособлений (УСП).

## СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСНАСТКИ И ИХ ФУНКЦИИ

**П**риспособления необходимы для установки заготовки на станке и обеспечения при этом требуемого на данной операции взаимного расположения станка, заготовки и режущего инструмента.

В зависимости от конкретных условий, определяемых требованиями чертежа и технологического процесса, с помощью приспособления можно одновременно решать несколько различных задач. Для этого в нем предусмотрены детали и узлы с соответствующим назначением.

В любом приспособлении можно выделить отдельные группы деталей и механизмы, имеющие одинаковое назначение. Их принято называть элементами. Под элементом приспособления понимают деталь или элемент, выполняющий определенную функцию.

Классификацию приспособлений, как уже отмечалось ранее, ведут по нескольким признакам. Существует три классификации приспособлений:

- по целевому назначению;
- по степени специализации;
- по функциональному назначению.

Остановимся более подробно на третьем признаке. По функциональному назначению элементы приспособлений делят на:

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

**Опорные элементы.** Своими базами заготовка соприкасается с поверхностями приспособления, которые называют опор-

ными. Чаще всего они выполняются не на корпусе, а на отдельных элементах, закрепляемых на корпусе. Такие элементы также называются опорными. Их делают сменными (для удобства замены при износе) и размещают на корпусе приспособления в фиксированном положении. От точности расположения их на корпусе зависит точность обработки.

Опорные поверхности элементов должны обладать большой износостойкостью, поэтому их обычно изготавливают из стали марок 15, 20 и 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и последующей закалкой до твердости HRCэ 50...55. Большинство опорных элементов стандартизовано.

**Зажимные устройства.** Закрепление заготовки в приспособлении осуществляют с помощью зажимных устройств, которые приводятся в действие либо вручную, либо от привода — пневматического, гидравлического и других приводов. Многолетняя практика проектирования и эксплуатации приспособлений обусловила создание хорошо зарекомендовавших себя разнообразных конструкций зажимных устройств, многие из которых нормализованы.

Ориентирующие и самоцентрирующие устройства позволяют при установке в приспособлениях заготовок ориентировать их по плоскостям симметрии. В этих случаях приспособления имеют не только центрирующие, но и зажимные устройства.

**Элементы для координации и направления инструмента.** Необходимое взаимное расположение режущего инструмента и заготовки достигается с помощью элементов, предназначенных для координации и направления инструмента. В качестве таких элементов используются кондукторные и направляющие втулки, установки для фрез и копиры.

Корпусные элементы приспособлений являются основной частью приспособления, на которое крепятся все остальные элементы. Они воспринимают все усилия, действующие на деталь при ее закреплении и обработке.

При конструировании корпусов приспособлений учитывают удобство установки и зажима обрабатываемой детали, удобство подвода инструмента и удаления стружки, а также условия, обеспечивающие точность их установки и закрепления на станке.

Каждое приспособление имеет корпус, на котором монтируются все остальные элементы. Конструктивное оформление корпусов весьма разнообразно. Корпус имеет поверхности, с помощью которых приспособление устанавливается на станок.

Делительные, фиксирующие и вспомогательные механизмы используются в приспособлениях для правильного углового или линейного перемещения деталей и их фиксации. Вспомогательные и крепежные детали по-другому можно еще назвать элементами, обеспечивающими точное расположение приспособления на станке. Такими элементами могут быть либо специально предусмотренные детали, либо соответствующей формы поверхности на корпусе приспособления. Так, для точного расположения приспособлений на столе фрезерного станка обычно применяют шпонки, закрепляемые в пазу на корпусе снизу. При установке приспособления на стол станка эти шпонки входят в *m*-образный паз стола. На токарном станке точное расположение оправок по оси шпинделя достигается путем образования на корпусе оправок соответствующих поверхно-

стей — центровых отверстий или конических хвостовиков с конусом Морзе, размер которого соответствует отверстию в шпинделе.

К вспомогательным элементам приспособлений относят выталкиватели, защелки, замки, ручки и т. п. части.

## 2.1. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Установочные элементы приспособлений (опоры) служат для установки на них базовыми поверхностями обрабатываемых деталей. При установке заготовки опирается на установочные элементы приспособления, поэтому эти элементы называют опорами. Их можно разделить на две группы:

- группа основных опор;
- группа вспомогательных опор.

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

1. Рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров. Это необходимо для уменьшения влияния неточности изготовления технологической базы и ее макронеровностей на величину погрешности базирования.

2. Установочные элементы не должны портить базы заготовки при установке по обработанным поверхностям.

3. Это требование, которое вытекает из предыдущего требования, ограничивает стремление свести контакт установочных элементов с базой к точке.

4. Установочные элементы должны быть жесткими и обеспечивать сопряжения их с корпусом приспособления. Это требование зависит от необходимости уменьшить влияние собственных деформаций установочных элементов и других контактных деформаций в их сопряжениях с корпусом приспособления на величину погрешности закрепления заготовки.

5. Конструкции установочных элементов должны обеспечивать их быструю замену при износе или повреждении.

6. Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью. Это необходимо для уменьшения влияния износа установочных элементов на погрешность установки. Для этого установочные элементы изготавливают из углеродистых сталей У7А-У10А с закалкой до твердости НРСэ 50...55 или из сталей марок 20 или 20Х с цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до той же твердости. В серийном производстве при небольшом сроке службы приспособления для удешевления его конструкции установочные элементы изготавливают из сталей 45 или 40Х с закалкой до твердости НРСэ 35...40. В некоторых случаях для особо точных приспособлений в массовом производстве на поверхности установочных элементов наплавляют твердый сплав.

Основными опорами называют установочные или базирующие элементы, лишаящие заготовку при обработке всех или нескольких степеней свободы в соответствии с требованиями к обработке.

Для придания заготовке по возможности устойчивого положения на основных опорах последние следует располагать на максимальном расстоянии друг



от друга, причем так, чтобы силы резания или зажима направлялись на опоры либо между ними.

Основные опоры служат для базирования деталей в приспособлении. Они жестко закреплены в корпусе приспособления и определяют положение обработанной детали в рабочей зоне станка относительно режущего инструмента. Для правильной ориентации детали в приспособлении число основных опорных точек должно быть равным шести (в этом случае используется правило шести точек).

Они используются в виде штырей, пластин, пальцев, центров, плавающих и заблокированных опор и так далее. Штыри (рис. 8) применяют с плоской (рис. 8а), сферической и насеченной головками (рис. 8б, в). Штыри с плоской головкой необходимы для установки заготовок обработанными плоскостями, вторые и третьи — для установки необработанными поверхностями.

Штыри со сферической головкой применяют в случае крайней необходимости, например при установке заготовок узких деталей необработанной поверхностью для получения максимального расстояния между координатными точками. Штыри с насеченной головкой используют для установки деталей по необработанным боковым поверхностям, так как они обеспечивают более устойчивое положение заготовок. Иногда они позволяют использовать меньшее усилие для зажима. При использовании таких штырей в качестве горизонтальных опор учитывают, что очистка их от стружки осуществляется гораздо труднее.

В приспособлениях опоры устанавливают обычно с посадкой с натягом по седьмому качеству точности в отверстия, обработанные непосредственно в корпусе. Опорные площадки, установленные непосредственно на корпусе, делают слегка выступающими для обеспечения возможности их одновременной обработки в одной плоскости. Иногда в отверстие корпуса приспособления запрессовывают переходные закаленные втулки, в которые штыри входят с посадкой с небольшим зазором по седьмому качеству (рис. 8г).

Опорные пластины бывают с плоскими и наклонными пазами. Пластина может выглядеть так: узкая пластинка, которая закреплена двумя или тремя винтами с диаметром, выбираемым в зависимости от поперечного сечения пластинки (см. рис. 9). Для облегчения перемещения заготовки и безопасной очистки приспособления от стружки вручную рабочая поверхность пластинки окаймляется фаской под углом  $45^\circ$ . Достоинствами таких пластинок являются их простота и компактность. Стремление получить наиболее компактную конструкцию привело к созданию пластинок с косыми углублениями. Косое расположение пазов позволяет непрерывно направлять обрабатываемую деталь при перемещении ее по пластинам (если такое перемещение необходимо) и содей-

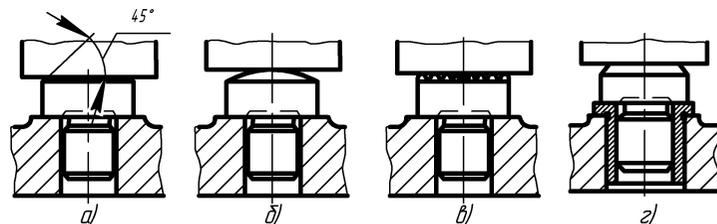


Рис. 8  
Опорные штыри

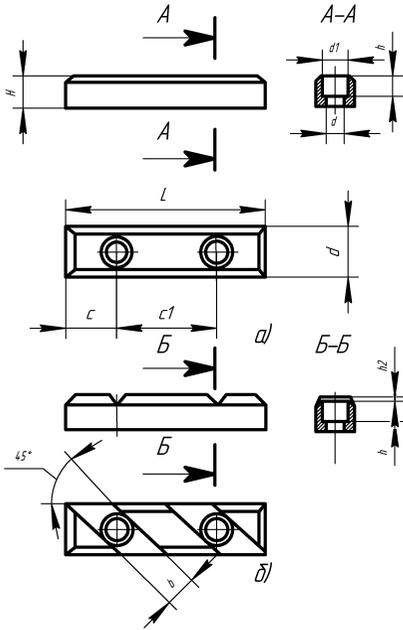


Рис. 9  
Опорные пластины:

$a$  — плоские;  $b$  — с наклонными пазами;  
 $H, h, d, d1, h1, B, b, c, c1$  — размеры,  
выдерживаемые при изготовлении  
пластин.

серийном производстве, где практикуется изготовление деталей разных размеров при использовании одного и того же приспособления, иногда делают регулируемые все опоры. Регулирование осуществляется в основном наладчиком.

При базировании заготовок по цилиндрической поверхности используют установку заготовки на призму (рис. 10).

Призмой называется установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом. Призмы для установки коротких заготовок строго стандартизованы.

При установке заготовок с чистотой обработанными базами приме-

ствует более эффективной очистке установочной поверхности детали при этом перемещении.

Площадки для пластинок на корпусе приспособления, так же как и для штырей, рекомендуется делать слегка выступающими для обеспечения возможности их одновременной обработки. Эти площадки можно шлифовать или шабрить — это позволяет дольше сохранить единства уровня установочных поверхностей всех опор.

Если на установленной поверхности заготовки есть припуск, который надо удалить в последующих операциях и который для различных партий заготовок может быть неодинаковым, или если у разных партий заготовок форма установочной поверхности имеет некоторые отклонения, то применяют регулируемые опоры.

Регулируемая опора может располагаться вертикально или может быть боковой. Обычно не все основные опоры делают регулируемыми. Часто регулируется одна опора в каждой установочной плоскости. В мелко-

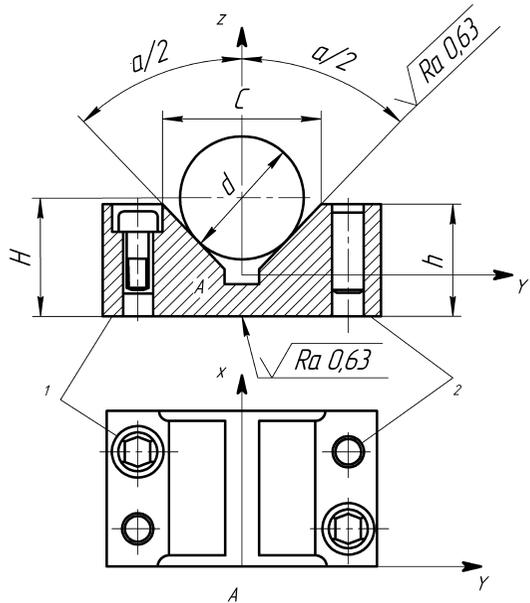


Рис. 10

Призма для установки небольших заготовок с базированием по обработанным поверхностям

няют призмы с широкими опорными поверхностями, а с черновыми базами — с узкими опорными поверхностями. Для черновых баз применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы. В этом случае заготовки, имеющие искривленность оси, бочкообразность и другие погрешности формы технологической базы, занимают в призме установленное и определенное положение.

При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой или две соосно установленные призмы, которые после установки на корпусе шлифуют одновременно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности.

Если по условиям обработки длинную заготовку надо поставить на несколько призм, то две из них делают жесткими (основные опоры), а остальные — подвижными (вспомогательные опоры). Призмы также, в свою очередь, могут быть регулируемы.

При базировании призмы по плоскости и двум отверстиям они базируются по двум установочным пальцам. Пальцами называют детали приспособлений, на которые обрабатываемая деталь надевается своими обработанными отверстиями. Обычно установку производят не более чем на два пальца, так как использование большего количества пальцев не повышает точности установки, а изготовление приспособления при этом значительно усложняется. Установочные пальцы (рис. 11) делят на: постоянные цилиндрические и срезанные, сменные цилиндрические и срезанные. Все они стандартизованы.

Пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали марки У8А, а свыше 16 мм — из стали марки 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм. Пальцы закалывают до твердости HRCэ 50...55.

Для деталей, имеющих внутреннюю цилиндрическую поверхность, в качестве установочных элементов применяют оправки (см. рис. 12). Конструктивно их делают на жесткие и разжимные. Жесткие оправки могут быть: конические и цилиндрические для посадки заготовок с гарантированным натягом или зазором.

На станке их устанавливают в центрах с помощью конусного хвостовика или фланца. Центровальные оправки имеют центровочные гнезда. Для того чтобы сообщить оправке вращательное движение, на левом конце оправок делают квадрат, лыски или устанавливают поводок.

Конусные оправки обеспечивают высокую точность центрирования. Конусность рабочей части оправок в этом случае равна 1/1500 – 1/2000. Заготовка насаживается на оправку легкими ударами. Благодаря расклинивающему действию оправок достигается совмещение оси оправки и базового отверстия. Кроме

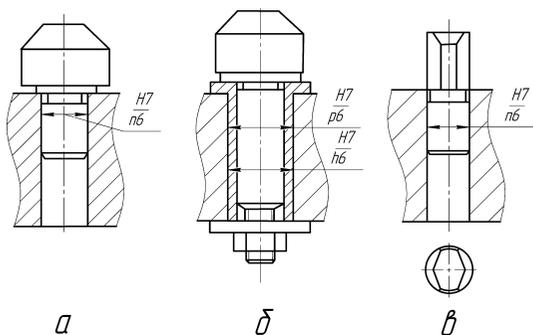


Рис. 11

Установочные пальцы:

*a* — постоянные цилиндрические; *б* — сменные цилиндрические; *в* — постоянные срезанные.

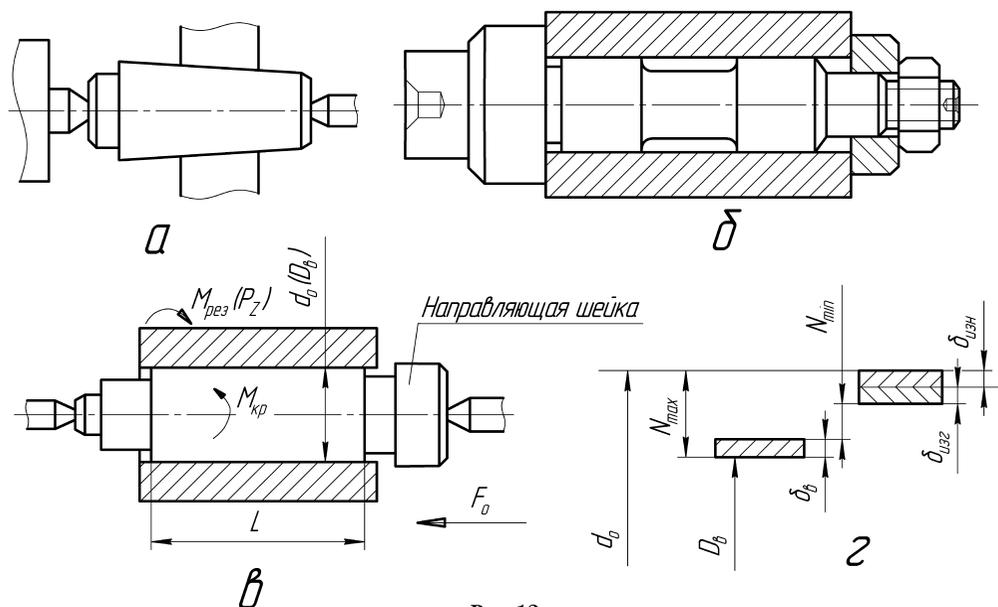


Рис. 12  
Оправки:

*a* — коническая оправка; *б* — цилиндрическая оправка с гарантированным зазором;  
*в* — оправки под запрессовку; *г* — схема расположения допусков.

того, заготовка удерживается от поворота за счет достигнутого натяга, и зажима ее не требуется. Недостатком таких оправок является отсутствие точного ориентирования партии заготовок по длине за счет изменений в пределах поля допуска диаметра базового отверстия. Отсюда следует невозможность обработки торцов и уступов на предварительно настроенных станках и невозможность установки длинных заготовок, так как они будут удерживаться только на одном конце.

Существуют еще оправки под запрессовку (рис. 12*в*). Они, как и конусные, обеспечивают высокую точность центрирования. Применяют упорные кольца при напрессовке, что позволяет ориентировать положение заготовок по длине оправки. Использование таких оправок позволяет производить одновременную подрезку обоих торцов заготовки. Недостаток таких заготовок — необходимость установки на механическом участке дополнительного оборудования: прессов для запрессовки и распрессовки оправок.

Оправку можно изготовить и цилиндрической с гарантированным зазором (рис. 12*б*).

Провертывание заготовок на оправке ограничено затягиванием гайки, шпонкой или шлицами, если на заготовке имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Во избежание деформаций заготовок, закрепленных в приспособлении к основным опорам, применяют еще и дополнительные, вспомогательные опоры. Их конструкции могут быть самыми разнообразными, так как определяются они условием обработки, жесткостью и конфигурацией детали.

Вспомогательные опоры применяют не для базирования, а для повышения устойчивости и жесткости обрабатываемой детали в приспособлении при обра-

ботке, то есть они подводятся к заготовке после того, как она получила необходимое базирование с помощью основных элементов. Их индивидуально подводят к детали и закрепляют, таким образом, они превращаются в дополнительные жесткие опоры. Это позволяет уменьшить или совершенно предотвратить возможные деформации заготовки под влиянием усилий резания и закрепления. Схемы применения вспомогательных опор приведены на рисунке 13.

К дополнительным элементам относятся подводимые и самоустанавливающиеся одиночные опоры, люнеты и тому подобное.

При обработке нежестких заготовок кроме установочных элементов часто применяют дополнительные или подводимые опоры, которые подводят к заготовке после базирования по шести точкам и закрепления. Число дополнительных опор и их месторасположение зависит от формы заготовки, места приложения сил и моментов резания. Достоинством самоустанавливающихся опор является быстрое действие, возможность одновременного управления (стопорения) несколькими опорами от одного привода (например, через клиновую систему). Недостатком является то, что их не применяют при установке тяжелых заготовок и больших сил резания.

Основные установочные элементы иногда еще называют базирующими элементами. Такие элементы должны обладать высокой износостойкостью рабочих поверхностей, следовательно, их изготавливают из стали и подвергают термической обработке для достижения необходимой поверхностной твердости. В частности, могут быть использованы стали марок Ст20Х — хромистая сталь, Ст20 (углеродистая конструкционная сталь) с цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8–1,2 мм с последующей закалкой до твердости HRCэ 58...62.

В корпусе приспособлений эти элементы должны располагаться так, чтобы обеспечивалась возможность легкой и быстрой замены их в случае износа или повреждения. Рабочие поверхности базирующих деталей для сохранения их в чистоте и более надежного прилегания к ним заготовок должны быть по возможности небольших размеров и не должны быть сплошными по всей установленной поверхности обрабатываемой детали.

Рассмотрим механизмы с упругодеформируемыми элементами. Сами центрирующие механизмы, как уже отмечалось ранее, имеют значительную погрешность центрирования. Наибольшую точность центрирования дают механизмы, установочные элементы которых объединены в одну деталь и перемещаются

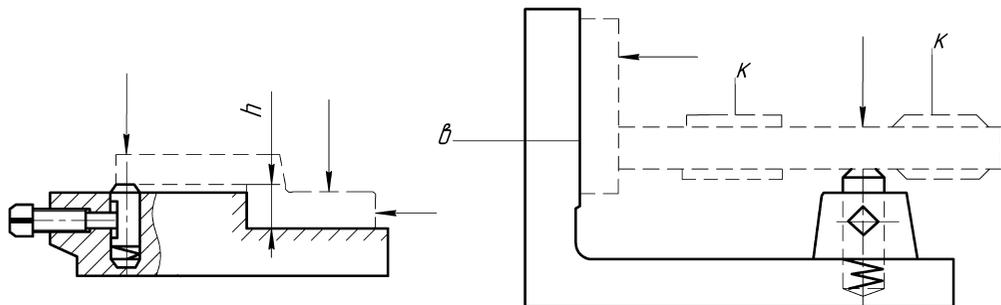


Рис. 13  
Схемы применения вспомогательных опор

в пределах ее упругой деформации. Такой механизм можно изготовить с высокой точностью и в то же время обеспечить точность упругого перемещения отдельных его частей. Поэтому эту группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся: цанговые, мембранные и гидропластовые механизмы.

Цангами называют разрезные пружинные втулки, которые могут центрировать заготовку по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы используют для центрирования и зажима пруткового материала разного профиля и отдельных заготовок. Цанговые механизмы могут быть: с тянущей цангой, которые применяют для закрепления штучных заготовок; с толкающей цангой, которые чаще всего используют для закрепления пруткового материала. Цанги изготавливают из стали марки У8А и 65Г, крупные цанги — из стали марки 1.5ХА или 12ХНЗА. Рабочую часть закаляют до твердости HRCэ 55...62. Хвостовую часть подвергают отпуску до твердости HRCэ 30...40, погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов.

Мембранные механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и тому подобного. Основной деталью такого механизма является мембрана.

Применяют мембраны трех видов: рожковые, чашечные, кольцевые. Наиболее точными являются рожковые и чашечные мембраны. Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы.

Чашечные и рожковые мембраны изготавливают из стали марок Ст65Г, У10А, 31ХГС и подвергают термообработке до твердости HRCэ 40...45.

Патроны с рожковыми и чашечными мембранами могут обеспечить точность центрирования 0,003–0,005 мм.

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

Широкое распространение получили упругие патроны с использованием гидропластмассы. Такие патроны применяют для центрирования заготовок как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Точность базовых поверхностей закрепленных деталей должна быть не ниже 7–9-го качества. Погрешность центрирования 0,01 мм.

Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А, 30ХГС, которые подвергают термообработке до твердости HRCэ 35...40.

## 2.2. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Зажимными механизмами называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки или сборки.

Необходимость применения сборочных элементов отпадает в двух случаях.

1. Когда обрабатывают (собирают) тяжелую, устойчивую заготовку (сборочную единицу), по сравнению с весом которой силы обработки (сборки) малы.

2. Когда силы, возникающие при обработке (сборке), приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием.



К зажимным элементам предъявляют следующие требования.

1. При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима.

2. Зажим не должен вызывать деформации закрепляемых заготовок или порчи (смятия) их поверхностей.

3. Сила зажима должна быть минимально необходимой, но достаточной для обеспечения надежного положения заготовки относительно установочных элементов приспособлений в процессе обработки.

4. Зажим и открепление заготовок необходимо производить с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 147Н.

5. Силы резания не должны по возможности воспринимать зажимные устройства.

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

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

Зажимные механизмы приспособлений делят на простые и комбинированные. К простым относятся: винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные, шарнирно-рычажные, пружинные. Комбинированные состоят из двух-трех последовательно заблокированных простых приспособлений. По числу точек приложения сил зажима механизмы делят на единичные и многократные. Многократные механизмы зажимают одну деталь по нескольким точкам или несколько деталей одновременно и с равными силами.

По степени механизации зажимные механизмы можно разделить следующим образом:

- *ручные* — требующие применения мускульной силы и утомления рабочего; их применяют в мелкосерийных и единичных производствах;
- *механизированные* — работающие от силового привода, в связи с этим их нередко называют механизмами-усилителями; их применяют в серийном и массовом производствах;
- *автоматизированные* — приводящиеся в действие перемещающимися частями станков, силами резания и центробежными силами вращающихся масс; осуществляют зажим и раскрепление заготовок без участия рабочего. Их применяют в крупносерийных и массовых производствах.

Рассмотрим зажимные механизмы более подробно. Винтовые механизмы широко используют в приспособлениях при ручном закреплении заготовок, а также в приспособлениях механизированного типа и при зажиме заготовок в приспособлениях-спутниках, применяемых на деталях, изготовленных на автоматических линиях. Их достоинством является простота конструкции, невысокая стоимость и надежность в работе. Используют как для непосредственного зажима, так и в сочетании с другими механизмами. Непосредственный зажим осуществляется либо винтом при неподвижной резьбовой втулке, либо гайкой при неподвижной шпильке, либо головками, установленными на конце винта. Зажимные винты и гайки изготавливают из стали марки Ст35 и 45 с твердостью НРСэ 30...35 по шестой степени точности резьбы. Недостаток: значительное

вспомогательное время, необходимое для разжима и зажима детали, большая работа мускульной силы, непостоянство сил зажима и возможность смещения заготовки от сил трения на торце винта.

Клин очень широко используют в зажимных механизмах приспособлений, этим обеспечивается простота и компактность конструкции, надежность в работе. Клин может быть как простым зажимным элементом, действующим непосредственно на заготовку, так и входить в сочетание с любым другим простым при создании комбинированных механизмов, то есть его могут применять в качестве промежуточного звена в сложных зажимных системах. Применение в зажимном механизме 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  $45^\circ$ , а если необходимо увеличить силу зажима или повысить надежность, то угол клина принимают равным  $6-15^\circ$  (это углы, обеспечивающие самоторможение клина).

Клин применяют в следующих конструктивных вариантах зажимов:

- механизмы с плоским односкосым клином;
- многоклиновые (многоплунжерные) механизмы;
- эксцентрики (механизмы с криволинейным клином);
- торцовые кулачки (механизмы с цилиндрическим клином).

Многоклиновые механизмы бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двухплунжерные применяют как зажимные механизмы; многоплунжерные используют как самоцентрирующиеся механизмы.

Как уже отмечалось ранее, клин должен быть самотормозящимся для того, чтобы обеспечить надежное закрепление обрабатываемой заготовки в приспособлении, то есть клин должен зажимать заготовку после прекращения действия на него исходной силы.

Рассмотрим эксцентриковые зажимы. Эксцентрик представляет собой соединение в одной детали двух элементов — круглого диска и плоского односкосного клина. При повороте эксцентрика вокруг оси вращения диска клин входит в зазор между диском и заготовкой и развивает силу зажима.

Рабочая поверхность эксцентрика может быть окружностью (круговые) или спиралью (криволинейные). Различие их заключается в том, что в развертке

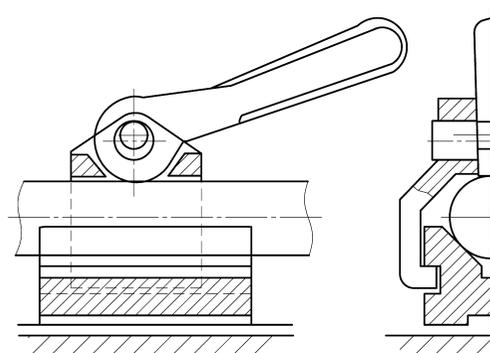


Рис. 14  
Зажим эксцентриковый

круговых эксцентриков плоский клин может получаться криволинейным с переменным углом в зависимости от угла поворота, а у криволинейных эксцентриков переменный угол не зависит от угла поворота. Это означает, что криволинейные эксцентрики создают стабильную силу зажима в партии заготовок, а круговые — нет.

Эксцентриковые зажимы (рис. 14) являются самыми быстродействующими из всех ручных зажимных механизмов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами.

Недостатками эксцентриковых зажимов являются: малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета; повышенная утомляемость рабочего, так как при откреплении заготовки рабочему необходимо прикладывать силу, обусловленную свойством самоторможения эксцентрика; ненадежность зажима при работе инструмента с ударами или вибрациями из-за опасности самооткрепления.

Несмотря на недостатки, эксцентриковые зажимы широко используются в приспособлениях, особенно мелкосерийного и серийного производств.

Часто между эксцентриком и заготовкой помещают промежуточную деталь (или эксцентрик соединяют с другим простым механизмом, например с рычажным), изготовленную из одинакового с эксцентриком материала. Изготавливать эксцентрик рекомендуется из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до твердости HRCэ 55...60 ГОСТ (9061-68).

Рычажные зажимы (рис. 15) используют в виде двухплечикового рычага в сочетании с различными силовыми источниками. При помощи рычага можно изменять величину и направление силы зажима, а также осуществлять одновременное закрепление заготовок в двух местах. На рисунке 15 представлен рычажный зажим, где ползун 2 подводится и отводится передающим рычагом 3, а удлиненное нижнее плечо рычага повышает передаваемое усилие зажима. Ход ползуна незначительный. Для уменьшения потерь на трение рычаг и шток 5 опирается на ролик 4 и 6, зажимающий кулачок 1 на ползуне — плавающий.

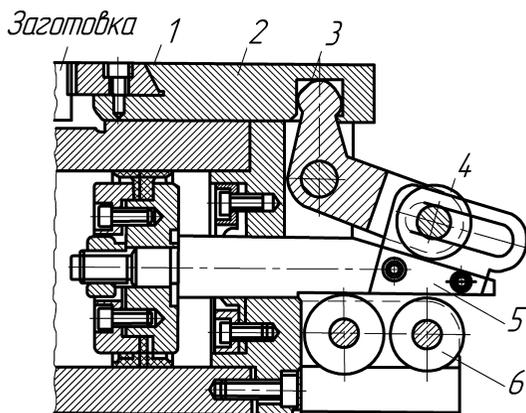


Рис. 15  
Зажим рычажный

Шарнирно-рычажный механизм отличается от рычажного тем, что имеет на концах два шарнира: через один из них от привода передается сила, через второй — измененная сила зажима на заготовку или другой простой механизм зажима.

В приспособлениях используют три разновидности шарнирно-рычажных механизмов: однорычажные, двухрычажные одностороннего действия, двухрычажные двухстороннего действия.

Двухрычажные механизмы одностороннего действия отличаются от однорычажных механизмов тем, что исходная сила поровну делится между двумя рычагами. А это, в свою очередь, говорит о том, что такие механизмы вдвое увеличивают силу зажима по сравнению с однорычажными. Но в то же время двухрычажные механизмы обладают вдвое большим запасом хода.

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

Многokратные зажимы приводятся в действие от одного силового источника и зажимают одну или несколько деталей в нескольких точках одновременно. Применение многokратных зажимов позволяет сократить вспомогательное время на операции. Основным требованием, предъявляемым к многokратным зажимам, является равенство зажимных сил. Для того чтобы обеспечить равенство сил зажима, ведомые звенья механизмов должны составлять сблокированную «плавающую» систему механизмов, развивающую силу зажима независимо от колебания размера заготовок.

Известно большое количество конструкций многokратных зажимов приспособлений, которые можно распределить 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 детали в нескольких параллельных направлениях; со встречными силами зажима; с пересекающимся направлением сил; комбинированные механизмы, представляющие собой соединение механизмов первых групп.

## 2.3. САМОЦЕНТРИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Самоцентрирующим называется устройство, опорные поверхности которого (кулачки) подвижны и связаны между собой так, что могут одновременно и с равным перемещением сближаться к оси устройства или удаляться от нее, при этом кулачки надежно центрируют закрепляемую заготовку. Опорные поверхности самоцентрирующих устройств могут быть выполнены либо на кулачках, либо в виде сплошной цилиндрической поверхности тонкостенной втулки, упругодеформируемой при действии сил зажима.

Для перемещения опорных поверхностей в радиальном направлении служат различные механизмы, среди которых наибольшее распространение получили спирально-реечные, рычажные, клиновые, винтовые и механизмы с гидропластом. На основе этих механизмов созданы различные материалы самоцентрирующих патронов: трехкулачковые, двухкулачковые, цанговые и гидропластные. Основное преимущество самоцентрирующих устройств состоит в том, что при установке в них заготовки погрешность базирования оси базы равно нулю. Эти устройства, кроме гидропластных и цанговых, могут быть использованы для базирования заготовок как с обработанной, так и с необработанной базой. При необработанной базе может иметь место погрешность базирования из-за погрешности формы базы (овальности). Устройства с гидропластом применяют только для установки заготовок с базовыми поверхностями, обработанными по 6–9-му квалитетам точности.

Рассмотрим принцип действия установочно-зажимных механизмов. Установочно-зажимные механизмы применяют для повышения точности положения координирующей системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке. Такие механизмы выполняют одновременно функции установочных и зажимных элементов. Поэтому установочные элементы в механизме должны быть подвижными в направлении зажима, а для сохранения установочных свойств закон их относительного движения



должен быть задан и реализован в конструкции приспособления с достаточной точностью.

Установочно-зажимные механизмы могут быть ориентирующие — определяющие одну плоскость симметрии детали, и самоцентрирующие — определяющие две взаимно перпендикулярные плоскости.

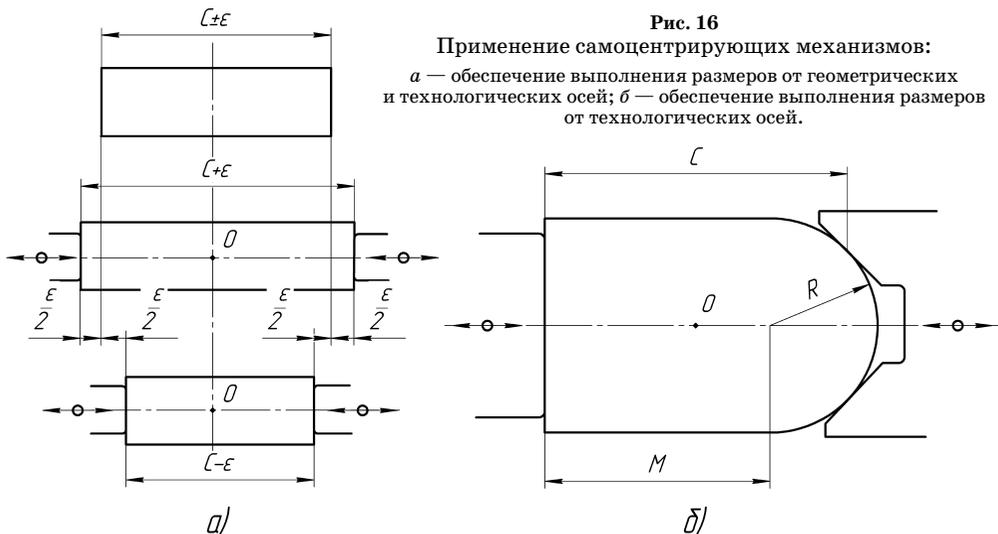
Самоцентрирующие механизмы (рис. 16) применяют в тех случаях, когда требуется обеспечить большую точность размеров, заданных на детали от оси технологической базы. Применение установочно-зажимных механизмов позволяет также обеспечить при обработке размер, заданный не только от оси технологической базы, но и от геометрической оси детали.

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

Винтовой самоцентрирующий механизм имеет большую погрешность центрирования (0,3–0,5 мм). В то же время с помощью этого механизма можно создать большую силу зажима, легко скомпоновать с механизированным приводом, поэтому их широко применяют на черновых получистовых операциях.

Реечно-зубчатые механизмы используют в тисках вместо винтовых для обеспечения встречного перемещения призм. Погрешность центрирования этих механизмов сопоставима с погрешностью винтовых механизмов.

Спирально-реечные механизмы используют для перемещения кулачков в токарных патронах. Конструкции таких патронов стандартизованы ГОСТ 2675-71.



Клиноплунжерные механизмы часто используют в патронах для токарной обработки, для демпфирования как во внутренней, так и в наружной цилиндрической поверхностях. Погрешность центрирования в клиноплунжерных механизмах составляет 0,2–0,5 мм. Поэтому патроны с такими механизмами обычно применяют для установки по черновым базам на предварительных операциях.

Клиношариковые механизмы применяют в приспособлениях токарных и шлифовальных станков при базировании по внутренней и наружной цилиндрической поверхностях. Достоинствами такого механизма по сравнению с клиноплунжерным являются уменьшение потерь на трение в направляющих плунжера — шарика, повышение точности центрирования за счет уменьшения числа кинематических звеньев (шарики вместо центрального клина и плунжеров) и повышение их точности при изготовлении. Такие механизмы применяют на операциях с небольшими силами резания. Широкое распространение получили шариковые патроны на операциях окончательного шлифования базовых отверстий зубчатых колес, где обеспечивается высокая соосность зубчатого колеса и отверстия за счет установки зубчатых колес по эвольвентным поверхностям.

При использовании шариков и роликов применяют специальные самоцентрирующие патроны — клиновые и мембранные.

Существенным недостатком самоцентрирующих механизмов является то, что они имеют значительную погрешность центрирования, вызванную большим числом сопряжений деталей, обеспечивающих встречные перемещения установочных элементов.

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

Элементы приспособлений для определения положения и направления можно разделить на три группы.

1. Для быстрой установки инструмента на размер — шаблоны, установовы.
2. Для определения положения и направления осевого инструмента — кондукторные втулки и направляющие втулки.
3. Для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки — копиры.

Применением этих элементов достигается повышение точности размеров в партии обработанных деталей и увеличивается производительность труда на операции.

### **2.4.1. ШАБЛОНЫ И УСТАНОВЫ**

При наладке и подналадке установка инструмента на рабочий настроечный размер с помощью пробных ходов и промеров занимает много времени. Для ускорения наладки станков и повышения его точности в конструкцию приспособления вводят специальные элементы, определяющие положение инструмента, соответствующее рабочему наладочному размеру. Такими элементами являются шаблоны и установовы. Применение шаблонов (рис. 17) характерно для токарных работ, а установов (рис. 18) — для фрезерных. Повышение произ-

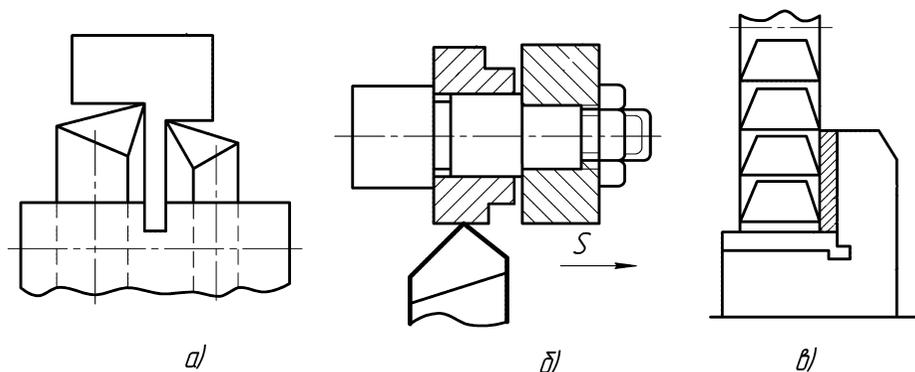


Рис. 17

Примеры использования шаблонов при обработке деталей на металлорежущих станках:  
*a* — установка двух подрезных резцов по шаблону; *б* — установочное шаблон-кольцо; *в* — установ, используемый на фрезерном станке.

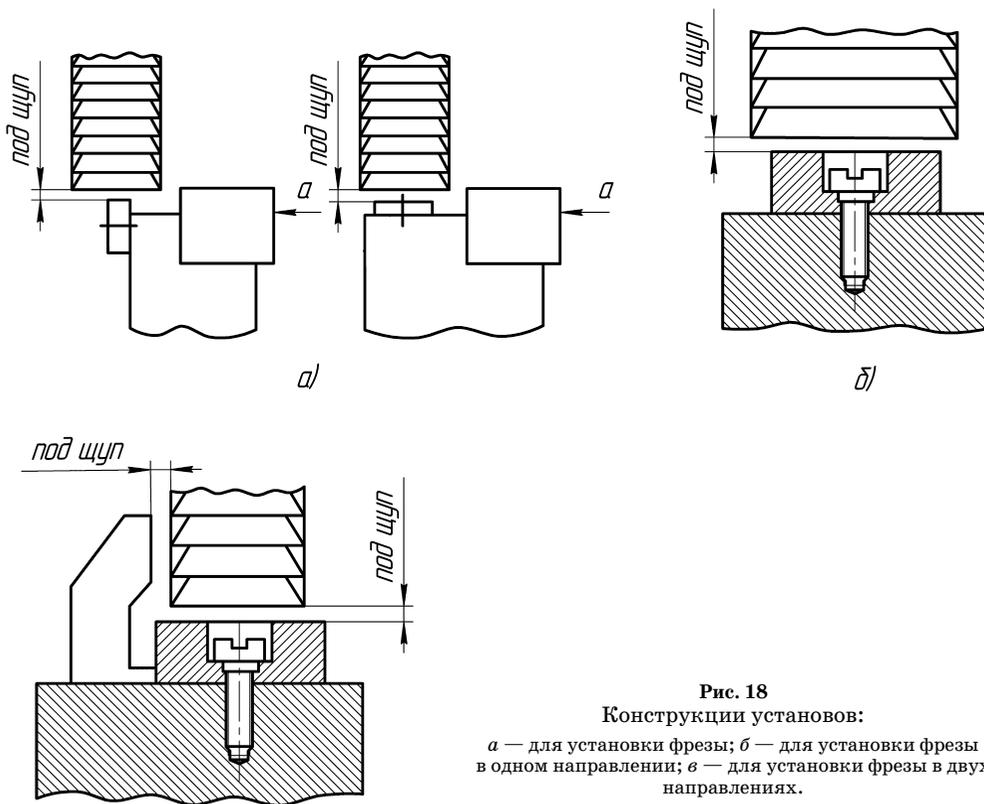


Рис. 18

Конструкции установок:

*a* — для установки фрезы; *б* — для установки фрезы в одном направлении; *в* — для установки фрезы в двух направлениях.

водительности труда достигается за счет сокращения времени на техническое обслуживание в норму времени на операцию.

Материал установов — сталь марки У7А или 20Х с термообработкой до твердости HRCэ 55...60. Конструкции шаблонов, данные в ГОСТ 8925-68 и ГОСТ 8926-68, изготавливаются из стали марки У7А с термообработкой HRCэ 55...60.

Недостаточная жесткость инструмента или несущего его узла станка вынуждает изменять расчетный режим обработки для того, чтобы уменьшить ее погрешность, возникающую вследствие отжима (увода) инструмента. В некоторых случаях операция вообще невозможна из-за возникновения вибраций. Дополнительная опора создает более благоприятные условия для работы инструмента.

По отношению к направляемой части инструмента или державки втулки играет роль подшипника. При длительной, но спокойной работе ее делают из бронзы. В случае опасности наклепа от вибраций и для кратковременных операций ее делают из закаленной стали. Для длительной тяжелой работы втулку делают бракующей, т. е. неподвижной (не вращающейся) относительно инструмента.

#### 2.4.2. КОНДУКТОРНЫЕ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ ВТУЛКИ

Кондукторные втулки (рис. 19) применяют для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов при обработке отверстий: сверл, зенкеров, разверток и так далее. Они определяют положение оси инстру-

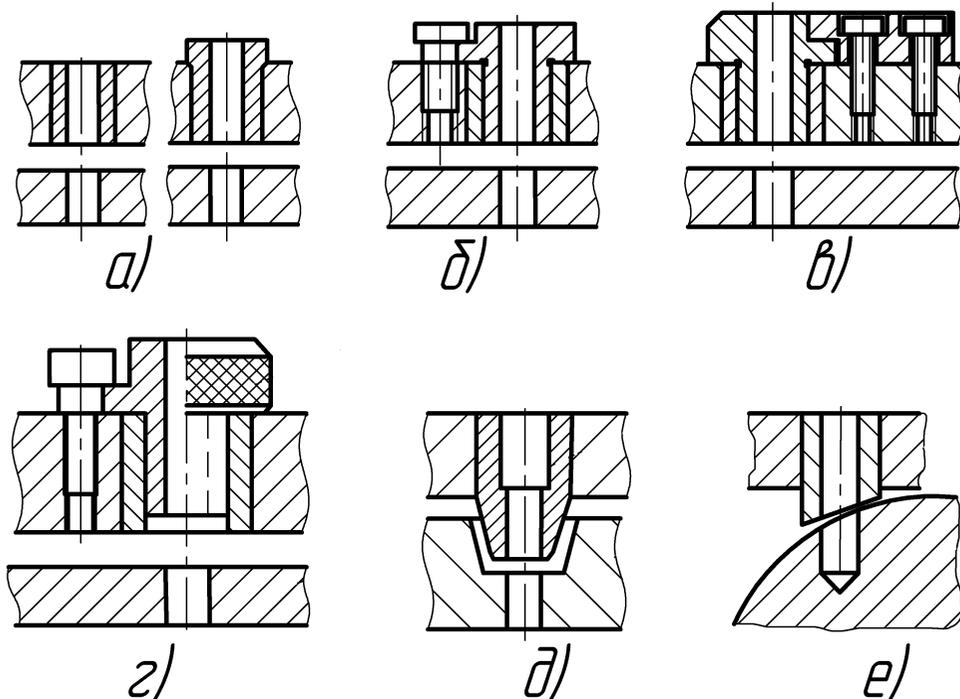


Рис. 19  
Кондукторные втулки

мента относительно установочных элементов, приспособлений 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 увода инструмента и позволяет работать на более высоких режимах резания.

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

Неподвижные втулки по конструкции разделяют на четыре группы: постоянные (рис. 19а), сменные (рис. 19б, в), быстросменные (рис. 19г) и специальные (рис. 19д, е). Первые три группы стандартизованы.

Примерный срок службы кондукторных втулок 12000–16000 просверленных отверстий. Средняя величина износа кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10–20 мм на 10 м пути при обработке деталей из серого чугуна средней твердости равна 3–5 мкм, деталей из стали марки 40 — 4–6 мкм и алюминиевых — 1–2 мкм. Определение предельных размеров отверстия кондукторных втулок производится с учетом допусков на диаметр, которые выбираются из соответствующих ГОСТов. Допуски на изготовление кондукторных втулок приводятся в справочниках.

При изготовлении деталей с направлением режущего инструмента к кондукторным втулкам необходимо подводить охлаждение для предупреждения большого нагревания инструмента и возможности его заедания во втулке.

Направляющие втулки (рис. 20), препятствующие уводу (отжиму) инструмента, применяют в приспособлениях для обработки поверхностей вращения. Решив применить такую втулку, одновременно предусматривают гладкую (направляемую) часть у державки инструмента или у самого инструмента.

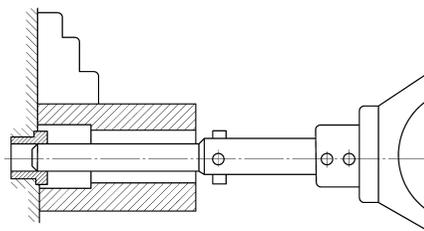


Рис. 20  
Направляющие втулки

### 2.4.3. КОПИРОВАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для обработки фасонных поверхностей на универсальных станках применяют приспособления, снабженные копировальными устройствами. Назначение копировальных элементов заключается в обеспечении траектории относительного движения инструмента, необходимой для получения требуемого контура детали. При этом отпадает необходимость в разметке, в ручной подаче инструмента при обходе криволинейного контура. В результате повышается точность обработки контура и производительность на операции.

Копиры и ролики изготавливают из стали марки 20, их цементируют и закаливают до твердости HRCэ 58...62.

Копиры применяют при обработке на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках. При работе на вертикально-фрезерных станках используются так называемые накладные копиры. Фрезерование в этом случае производится при одновременно осуществляемых продольной и поперечной подачах.

Копиры применяют при обработке фасонных и сложнопрофилированных поверхностей. Роль копиров — направлять режущий инструмент для получения заданной траектории его движения относительно заготовки.

Наиболее общим случаем обработки по копиру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи. Скрепленные заготовка и копир вращаются вокруг общей оси. Расстояние между общей осью и осью фрезы в соответствии с профилем копира изменяется, и получается нужный профиль детали. На рисунке 21 показаны три схемы обработки замкнутого контура. При обработке по схеме, представленной на рисунке 21а, диаметры ролика 1 и фрезы 2 равны, поэтому профиль копира 3 идентичен профилю обработанной детали 4. На схеме, приведенной на рисунке 21б, диаметр ролика не равен диаметру фрезы; в этом случае профиль копира представляет собой эквидистанту профиля детали.

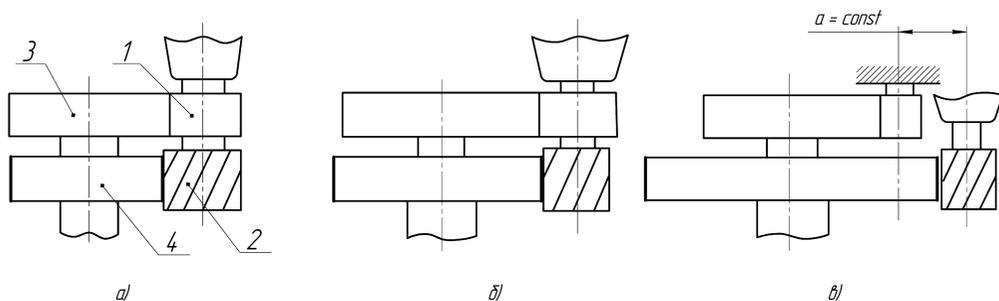


Рис. 21

Обработка замкнутого профиля по копиру

На схеме, приведенной на рисунке 21в, профиль копира отличается от профиля детали, ввиду того что оси ролика и фрезы не лежат на одной прямой.

В рассмотренных случаях оси ролика и фрезы неподвижны. Заготовка и копир установлены на шпиндель приспособления и вращаются с постоянной угловой скоростью. Стол вертикально-фрезерного станка, на котором производится обработка, не соединен с винтом продольной подачи и отжимается в одну сторону грузом, пружиной или пневмоцилиндром. Сила отжима должна быть достаточной для обеспечения контакта копира и ролика. За один оборот заготовки стол станка совершает одно возвратно-поступательное движение. В этом процессе копир выполняет роль кулачка.

Построение копира для наиболее общего случая (см. рис. 22) состоит из следующих этапов.

1. Вычерчивают профиль детали в натуральную величину или в увеличенном масштабе.

2. Выбирают центр вращения заготовки так, чтобы угол давления был минимальным. На рисунке 22а и б показаны два варианта выбора центра враще-

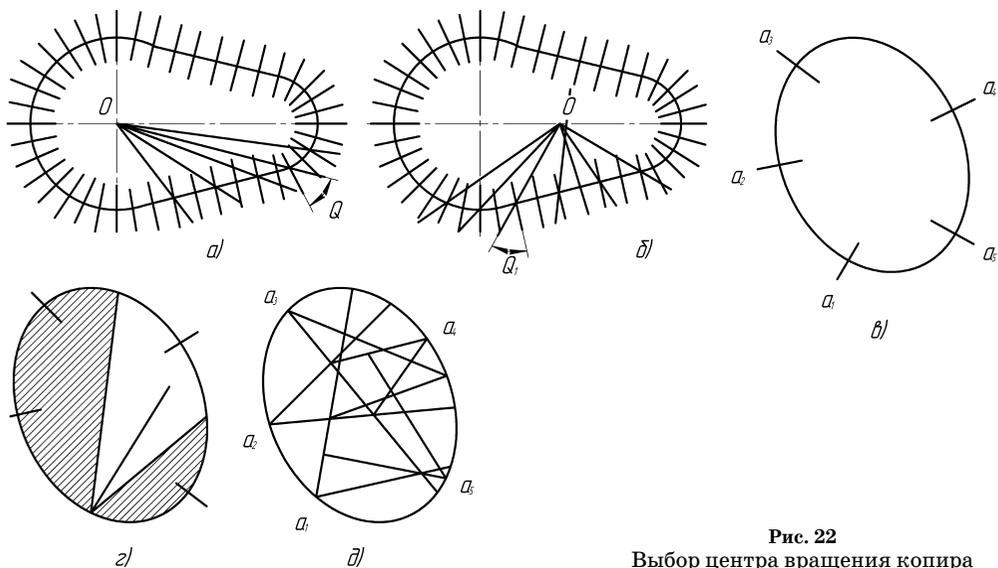


Рис. 22  
Выбор центра вращения копира

ния  $O$ . Для случая, представленного на рисунке 22а, угол давления, образуемый между радиальным лучом и нормалью к профилю в данной точке, достигает значения  $\theta$ . При перемещении центра вращения вправо (рис. 22б) угол давления снижается до значения  $\theta_1$ .

Для симметричных профилей наиболее выгодное положение центра вращения  $O$  совпадает с центром тяжести контура. Для профилей, имеющих ось симметрии, ось вращения лежит на этой оси; для более сложных профилей центр вращения находят по условию минимального значения угла давления.

Такой способ нахождения центра вращения заготовки связан с рядом пробных геометрических построений. Для сложных профилей может быть применен другой, графический метод (рис. 22в, г, д). Сначала из отдельных точек  $a_1 \dots a_5$  к замкнутому профилю (чем чаще, тем точнее) проводят нормали (рис. 22). Затем в обе стороны от каждой нормали под углом  $\theta$  проводят наклонные линии (на рисунке 22г это показано для нормали, проведенной из точки  $a$ ). Области от этих линий штрихуют. После проведения наклонных линий по всем нормальям в середине контура остается незаштрихованный участок в виде многоугольника (рис. 22д). Уменьшая угол  $\theta$ , многоугольник можно свести к точке. Это и будет центр вращения заготовки.

3. Из выбранного центра вращения проводят радиальные лучи (см. рис. 23а), на которых строят окружности касательно профилю детали. Их радиус равен радиусу фрезы и не должен быть больше радиуса вогнутого участка профиля.

4. От центров проведенных окружностей откладывают отрезки  $a$ , равные расстоянию между осями ролика и фрезы.

5. Из полученных точек на радиальных лучах проводят окружности, соответствующие окружностям ролика.

6. По положениям окружностей ролика проводят плавную огибающую, которая и представляет собой искомый профиль копира.

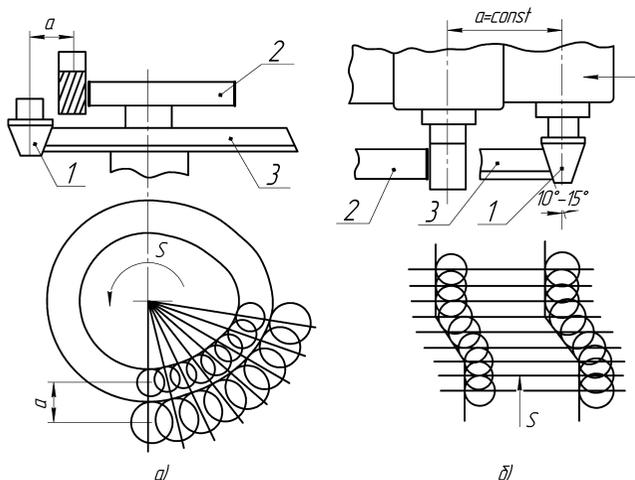


Рис. 23

Схема построения копира при обработке:

$a$  — круговая подача;  $b$  — продольная подача;  
1 — ролик; 2 — заготовка; 3 — копир.

минимальным. Это достигается пробным поворотом профиля детали относительно линий. Выполняя перечисленные этапы, профиль получают как огибающую окружностей ролика.

Таким же образом можно построить профиль копира при обработке тел вращения на токарном станке (в этом случае корректировать положение образующей относительно пучка параллельных линий, проводимых перпендикулярно направлению подачи, нельзя).

Для компенсации изменения диаметра фрезы при ее заточке ролик целесообразно делать конической формы (рис. 23б), а на копира выполнять соответствующий скос. Угол между образующей и осью ролика 10–15°. После заточки фрезы ролик перемещают вдоль оси, и размер детали остается постоянным.

Копир и ролик изготавливают из высокоуглеродистой или цементируемой стали, закаленной до твердости HRCэ 58...62.

## 2.5. КОРПУСА И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

### 2.5.1. КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Корпус — это элемент, объединяющий в единую конструкцию отдельные части приспособления. Корпус воспринимает все силы, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки, и поэтому он должен обладать достаточной прочностью, жесткостью и виброустойчивостью.

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

Корпуса передвижных или кантуемых приспособлений должны быть устойчивыми при разных положениях на столе станка. На всех позициях обра-

ботки центр тяжести приспособления не должен выходить за пределы опорных элементов корпуса. Передвижные или кантуемые корпуса выполняют литыми или со вставными ножками, ограничивающими контакт со столом станка.

Приспособление влияет на образование погрешности обработки допустимых монтажных размеров, определяющих взаимное расположение установочных элементов и основной базы приспособления, а также установочных элементов и элементов для направления и определения положения инструментов. Основная база приспособления — это всегда совокупность поверхностей корпуса, используемых для правильной ориентации его относительно станка (например, торец и цилиндрическая выточка в корпусе токарного патрона для установки его на шпиндель и планшайбу). Установочные элементы для направления и определения положения инструмента в большинстве случаев также устанавливаются на корпусе, для чего последние должны иметь соответствующие базы.

На этапе, когда проектируется корпус приспособления, важно разработать целесообразную систему простановки размеров с точки зрения технологии его изготовления.

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

Корпусы тяжелых приспособлений для удобства захвата при установке и снятии со станка снабжают рым-болтами.

В простейшем случае корпус представляет собой прямоугольную плиту. Такая форма характерна для фрезерных приспособлений, где необходимо свободное пространство для подвода инструмента. В приспособлениях для сверления заготовки корпуса обычно выполняют в виде коробки.

Важнейшими требованиями к конструкции корпуса являются простота и, возможно, более низкая стоимость ее изготовления. Конструктивные формы корпусов многообразны. Корпуса могут быть выполнены в виде прямоугольной плиты, планшайбы, угольника, тавра, корыта и другой формы.

Заготовки для корпусов можно получить литьем, сваркой, ковкой, резкой из сортового материала, а также сваркой из отдельных элементов. Литьем изготавливают корпуса крупных размеров и сложной конфигурации, при этом можно получить заготовку, минимальную по массе, но с большой жесткостью и требующей минимальной механической обработки. Однако сроки их изготовления получаются длительными. Литые заготовки получают из чугуна СЧ12-28, СЧ15-32. В отдельных случаях используют легкие сплавы на алюминиевой и магниевой основах. Сваркой можно получить корпуса сложной конфигурации.

Они могут быть изготовлены быстрее и дешевле, но имеют плохой внешний вид. Кроме того, сварка вызывает деформацию корпуса, а возникающие в результате этих деформаций внутренние напряжения влияют на прочность приспособления. Для хорошо свариваемых конструкций используют стали марки 3 и 25. Ковкой и резкой сортового материала получают корпуса небольших размеров простой конструкции. Сборные корпуса позволяют использовать заготовки простейшей формы, но при этом возникает необходимость в механической обработке и снижается жесткость (за счет дополнительных стыков).

При любом способе изготовления корпусов его обработанные поверхности стремятся сделать выступающими над необработанными — для уменьшения объема и упрощения механической обработки.

Большое значение имеет стандартизация корпуса и заготовок. Гораздо проще стандартизовать заготовки корпусов. Из единой стандартной заготовки можно путем съема лишнего металла получить достаточно большое число корпусов различной формы. Конструктивно достаточно более сложные корпуса можно изготовить из стандартных элементов путем сборки. Эти элементы стандартизованы (рис. 24).

Таким образом, при проектировании корпуса приспособлений для снижения наименьшей его стоимости он должен «вписываться» в стандартные заготовки или должна существовать возможность сборки корпуса приспособления из минимального числа стандартных элементов.

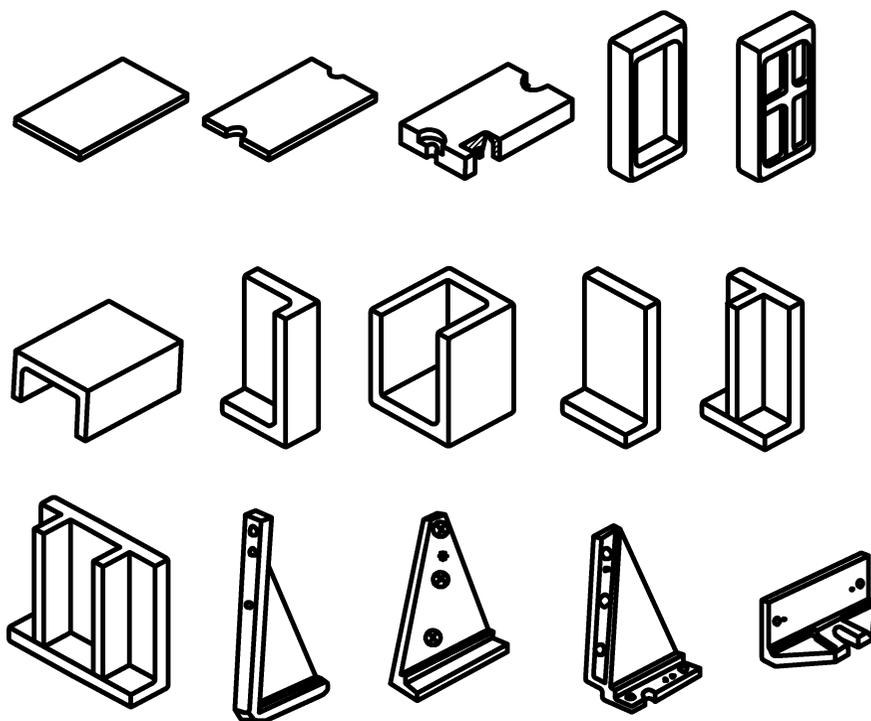


Рис. 24  
Типы нормализованных элементов корпуса

## 2.5.2. ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ОСНОВНЫЕ ДЕТАЛИ И УЗЛЫ

Делительными называют устройства, применяемые в приспособлениях для того, чтобы, не освобождая детали, повернуть ее на заданный угол или передвинуть на заданное расстояние. Каждое из положений детали при одном ее закреплении называется позицией. Следовательно, делительное устройство служит для получения разных наперед заданных позиций детали.

Главными элементами устройства являются делительная плита и фиксатор угловых положений плиты. Компоновка этих приспособлений бывает различной, в связи с чем устройства можно разделить на две группы.

1. Устройства, представляющие собой узел, мало зависящий от конструкции всего приспособления (рис. 25а).

2. Устройства, конструктивно тесно связанные с приспособлением (рис. 25б).

Точность работы устройства зависит от точности расположения в плите мест (гнезд) под фиксатор и от зазоров по фиксатору (люфт плиты). Во избежание быстрого износа сопряженных поверхностей элементов устройства должны иметь высокую твердость (HRCэ 55...60). По этим причинам особенности компоновки устройства в значительной мере определяют целесообразный способ фиксации делительной плиты — форму мест (гнезд) под фиксатор и положение последнего относительно плиты.

**Устройства I группы.** В таких устройствах делительная плита выполняет только свое основное назначение. Она не несет на себе никаких деталей приспособления и поэтому может иметь высокую твердость всей поверхности.

Оформление делительного устройства в виде самостоятельного узла позволяет относить устройство далеко от обрабатываемой детали. Это используют, когда обрабатывают мелкие детали, а близко расположенное устройство может помешать подходу инструмента к детали, затруднить обзор места обработки.

Подобные устройства применяют также в тех случаях, когда по характеру операции делительная плита располагается горизонтально. В этом случае присутствие делительного устройства почти не ухудшает компактности приспособления, причем само устройство полностью защищено от загрязнения.

Иногда, при большом числе позиций, большом диаметре плиты, вместо пазов-гнезд делительную плиту снабжают цилиндрическими штифтами, а фиксатор делают в виде призмы.

**В устройствах II группы** на делительной плите размещают установочные элементы, зажимы и другие детали, тем самым передавая ей часть функций, выполняемых обычно корпусом приспособления. Поэтому плита не может иметь высокую твердость. Гнезда под фиксатор выполняют в цилиндрических

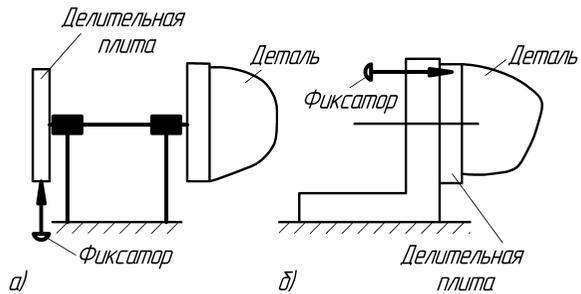


Рис. 25

Две схемы размещения делительного устройства в приспособлении:

а — устройство I группы; б — устройство II группы.



втулках, которые запрессовывают под отверстие плиты. Необходимую точность расположения отверстий в плите обеспечивают растачиванием их на прецизионно-расточном станке. Фиксатор располагают перпендикулярно к плоскости поворота плиты (рис. 25).

Такая компоновка, которая позволяет упростить конструкцию устройства, обеспечивает хорошую компактность приспособления в большинстве случаев. Поэтому такие устройства нашли более широкое применение.

Такая связь делительного устройства с конструкцией и компоновкой других элементов приспособления мало ограничивает свободу выбора конструкции фиксатора, но сильно сказывается на конструктивном оформлении делительной плиты.

Рассмотрим способы фиксации плиты. От способов фиксации плиты зависит точность работы устройства. Точность работы зависит также от величины допуска, назначаемого на угол между гнездами делительной плиты, и от зазоров по фиксатору.

Способ фиксации характеризуется формой рабочей части фиксатора и формой гнезда. По форме рабочей части фиксаторы разделяют на цилиндрические, конусные, ромбические и шаровые.

В случае фиксирования положения плиты цилиндрическим фиксатором снижается точность работы устройства, так как зазоры по фиксатору должны быть большими. Это означает увеличение углового люфта, что не желательно.

По этим же причинам конусный фиксатор допустимо применять лишь тогда, когда делительная плита вместе с обрабатываемой деталью имеет малую массу и плита легко сдвигается от нажатия кури на фиксатор.

Однако большая сложность изготовления конусных гнезд и фиксатора, быстрый износ вследствие перекосов, опасность брака деталей при случайном загрязнении гнезд делают конусный фиксатор нежелательным даже в этих случаях. В других случаях (массивная деталь) применять его вообще недопустимо. При эксплуатации устройства будет не только трудно вводить фиксатор в гнездо, но и будет трудно судить о том, насколько плотно он занял свое место.

Наилучшим является ромбический фиксатор. Его действие по отношению

к гнезду делительной плиты такое же, как действие ромбического установочного пальца по отношению ко второй базе — отверстию устанавливаемой детали.

Шаровые фиксаторы применяют лишь в особых случаях.

На рисунке 26 показан простейший фиксатор-палец и так называемый вытяжной фиксатор, более удобный в эксплуатации. Если вытяжной фиксатор неудобно удерживать рукой в момент начала поворота плиты, то фиксатор снабжают замком, удерживающим его в вытянутом положении. Так как замок ориентирует угловое положение фиксатора, то последний может иметь ромбическую рабочую часть.

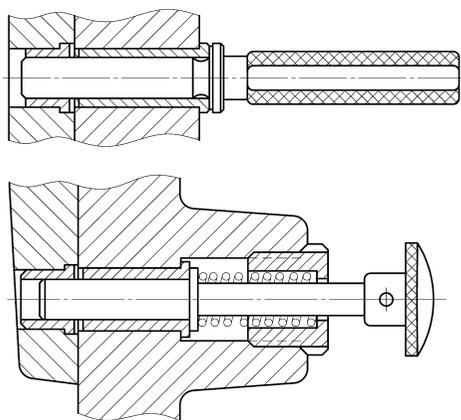


Рис. 26  
Простейший фиксатор-палец  
и вытяжной фиксатор

На рисунке 27 показаны нормализованные элементы делительного устройства с реечным фиксатором. Конструкция характерна тем, что позволяет с помощью одной рукоятки управлять фиксатором и закреплением делительной плиты. При повороте рукоятки вытягивается фиксатор и одновременно поворачивается винт, освобождающий конусный хомут, затягивающий через конусное кольцо делительную плиту. При обратном повороте рукоятки фиксатор вводится в гнездо и плита одновременно затягивается.

Соответственно, экономится время на изменение позиций детали.

На рисунке 28 показана одна из конструкций шарикового фиксатора (вместо шарика от подшипника может быть применен стержневой фиксатор с полу шаровой головкой).

Угол конуса выполняется в пределах (90–120°), чтобы при повороте плиты шарик входил во втулку. После «утопания» шарика плита свободно поворачивается до следующей позиции, когда шарик попадает в очередное гнездо, и усилие, необходимое для поворота плиты, вновь возрастает. Можно сказать, что шариковый фиксатор работает автоматически.

Точность работы устройства с таким фиксатором невысокая, но все же бывает много случаев, когда она оказывается достаточной. Тогда шариковый фиксатор является наилучшим.

Иногда шариковый фиксатор применяют в качестве так называемого предварительного фиксатора в делительном устройстве, снабженном обычным цилиндрическим (ромбическим) фиксатором (см. рис. 29).

Это делают, считаясь с тем, что при большом весе плиты с деталью (крупное приспособление) очень трудно уловить момент совпадения гнезд плиты с фиксатором. Поворачивать плиту приходится осторожно, иначе фиксатор, заскочив в гнездо под действием пружины, если не сломается, то будет недопустимо перегружаться.

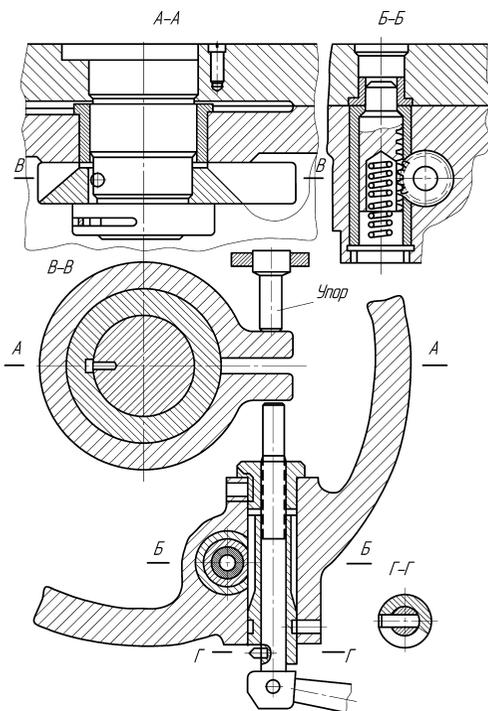


Рис. 27  
Делительное устройство с реечным фиксатором

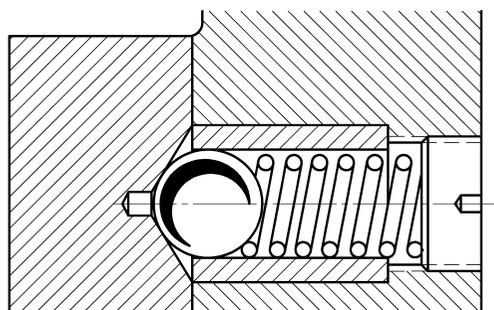


Рис. 28  
Конструкция шарикового фиксатора



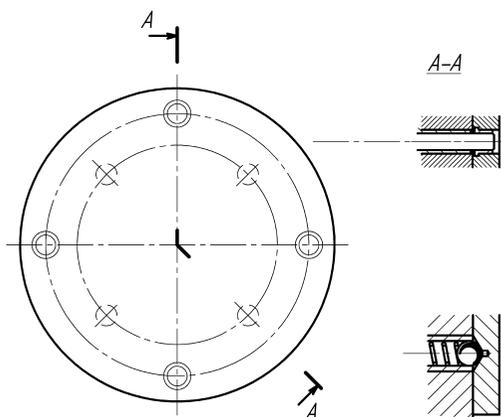


Рис. 29  
Шариковый фиксатор  
в качестве предварительного фиксатора

Шариковый фиксатор нельзя перегружать, поэтому плиту можно поворачивать при вытянутом основном фиксаторе как угодно быстро. После щелчка шарового фиксатора, свидетельствующего о том, что плита заняла необходимое положение, включают основной фиксатор, корректирующий это положение с требуемой точностью.

Делительные узлы предназначены для того, чтобы при одном установе заготовки иметь возможность придать ей несколько позиций с целью обработки ряда поверхностей, расположенных на заданном шаге относительно друг друга. При многопозиционной обработке заготовки чаще приходится иметь дело

с поворотом ее на угловой шаг, чем с перемещением на линейный шаг, поэтому наибольшее распространение получили поворотные делительные устройства.

Делительное устройство может выполняться в виде отдельного самостоятельного агрегата, используемого для закрепления различных приспособлений с целью их поворота на угловой шаг вместе с обрабатываемой заготовкой. К таким агрегатам относятся универсальные делительные головки, поворотные делительные столы и стойки. Конструкции их весьма разнообразны, некоторые из них нормализованы. Делительное устройство может входить также в состав самого приспособления (обычно специального). И в том, и в другом случае оно имеет следующие основные детали и узлы: неподвижную и поворотную части, делительный диск, фиксатор и механизм для скрепления поворотной части с неподвижной после деления.

Неподвижной частью в делительном устройстве является его корпус. В специальных приспособлениях с делительным устройством неподвижной частью является корпус самого приспособления.

Поворотная часть обычно монтируется на валу, устанавливаемом в центрирующие элементы неподвижной части. В зависимости от массы поворотной части вместе с обрабатываемой заготовкой она может монтироваться на подшипниках скольжения или качения. При вертикальной оси вращения поворотные части большой массы опираются на подшипники качения. В некоторых конструкциях поворотная часть с вертикальной осью опирается на подшипник качения лишь в момент поворота (деления). Для этого перед поворотом она несколько приподнимается с гладких кольцевых направляющих с помощью специального подъемного устройства, а после поворота — опускается.

На поворотной части размещаются опорные элементы и зажимные устройства для обрабатываемой заготовки. В делительных головках, столах и стойках на поворотной части предусматриваются посадочные места для установки приспособлений.

Делительный диск является основной деталью делительного устройства. Обычно он монтируется на поворотной части и вместе с ней поворачивается

в момент деления. Диск имеет гнезда, в которые входит фиксатор. Гнезда располагаются по окружности на таком угловом шаге друг от друга, который требуется выдержать у обрабатываемой заготовки. В универсальных делительных агрегатах гнезда размещают таким образом, чтобы одним диском обеспечить деление окружности на несколько основных частей.

По форме гнезд делительные диски разделяют на две группы: с отверстиями и с пазами. На рисунке 30а показаны делительные диски с отверстиями. Диски 1 не подвергают термообработке. Для уменьшения износа стенок отверстий в них запрессовываются термически обработанные до высокой твердости и точно отшлифованные втулки 2. Отверстие в них под фиксатор 3 выполняется цилиндрическим (тип I) или коническим (тип II). Коническое отверстие обеспечивает более высокую точность деления. Отверстия под фиксирующие втулки 2 растачивают по седьмому качеству точности.

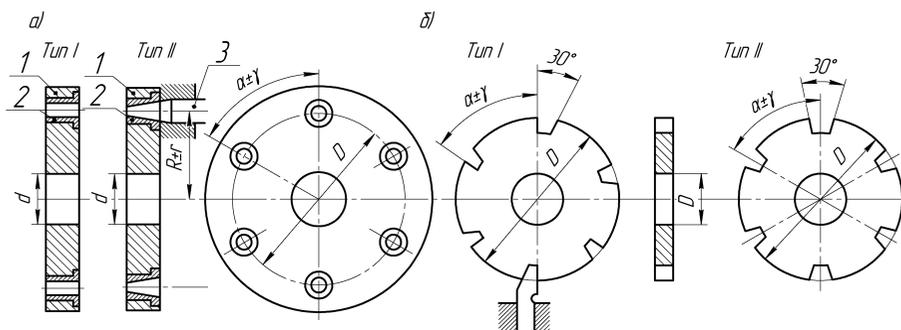
Величины диаметров  $d$  и  $D$  диска выбирают конструктивно при компоновке всего делительного устройства.

На рисунке 30б представлены делительные диски с асимметричными пазами (тип I). Они 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 диски с пазами обеспечивают более высокую точность деления, чем диски с отверстиями. Необходимо, однако, иметь в виду, что диски с пазами сложнее в изготовлении — их окончательную отделку выполняет рабочий высокой квалификации.

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

На рисунке 31а представлен вытяжной цилиндрический фиксатор для диска с цилиндрическими отверстиями. При оттягивании за кнопку 3 штифт 2 скользит по пазу втулки 1 и после поворота фиксатора на  $90^\circ$  удерживает его в вытянутом положении. Фиксаторы выполняются по ГОСТ 13160-67.



**Рис. 30**  
Делительные диски:  
а — с отверстиями; б — с пазами.

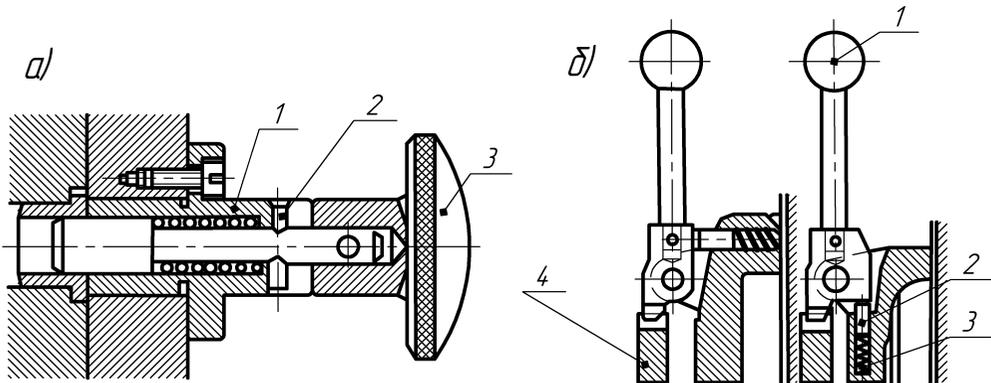


Рис. 31  
Фиксаторы:

*а* — для делительного диска с отверстиями; *б* — для диска с пазами.

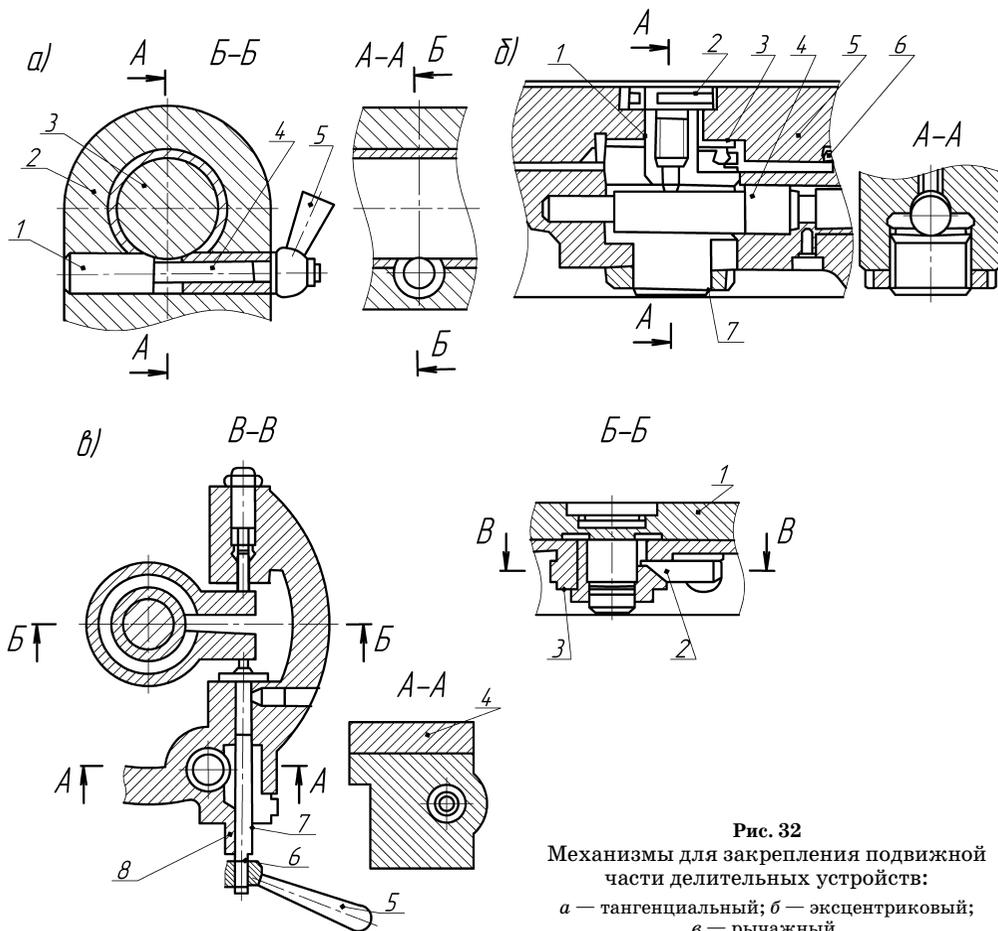


Рис. 32

Механизмы для закрепления подвижной части делительных устройств:

*а* — тангенциальный; *б* — эксцентриковый; *в* — рычажный.

На рисунке 31б показан рычажный фиксатор для диска с пазами. При повороте рукоятки 1 фиксатор выводится из паза диска 4. В паз диска он вводится под действием пружины 3 посредством штифта 2.

Для повышения жесткости системы и предотвращения вибраций, а также износа и поломки фиксатора под действием усилий резания после выполнения деления поворотную часть делительного устройства скрепляют с неподвижной. Особенно важно это делать при фрезерных работах, где имеют место большие и переменные по величине усилия резания.

Конструкции механизмов для скрепления разнообразны. На рисунке 32а показан тангенциальный зажим. При вращении рукоятки 5 головка винта 1 и сухарь 4 сближаются, скрепляя вал 3 поворотной части с неподвижной частью 2. На рисунке 32б представлен эксцентриковый механизм, используемый для подъема поворотной части при повороте и для закрепления после деления. В положении, которое показано на рисунке, эксцентриковый валик 4 через винтовую опору 7, ось 1 и винт 2 скрепляет поворотную часть 5 с неподвижной 6. При повороте валика 4 на 180° он воздействует на конец винта 2, поднимающая ось 1, подшипник 3 и поворотную часть 5 для облегчения ее поворота.

На рисунке 32в изображен заблокированный механизм привода фиксатора и закрепления поворотной части. При вращении рукоятки 5 винт 7 через штифт 6 будет вращать шестерню 8, которая вдвинет фиксатор 4 во втулку делительного диска. Одновременно винт 7 будет сжимать хомут 2, при этом он своими коническими поверхностями надавит на конические поверхности кольца 3 и через него прижмет подвижную часть 1 к неподвижной.

## 2.6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Подводимые опоры применяют для того, чтобы дополнительно поддержать установленную деталь в том месте, где она может деформироваться от сил резания. Кроме того, оказавшуюся на весу часть даже массивной детали бывает нужно поддержать дополнительной опорой для того, чтобы разгрузить или даже дополнительно закрепить зажим во избежание вибраций при обработке.

Подводимая опора не должна участвовать в установке детали. Ее подводят только после окончания установки и отводят после снятия детали, перед установкой следующей.

На рисунке 33а показаны две конструкции винтовых подводимых опор. Если опору располагают в труднодоступном месте, то рукоятку управления опорой выводят в более удобное место (см. рис. 33б, в).

Выталкиватели (выбрасыватели, съемники) предусматривают с целью ускорения снятия детали после обработки.

Удобство снятия детали, так же как и удобство ее установки, предусматривают при разработке установочных элементов, конструкции корпуса и зажимов. Однако не всегда бывает возможно обеспечить удобное снятие детали только за счет соответствующего конструктивного оформления этих элементов. Иногда для упрощения снятия детали приходится предусматривать вспомогательный элемент специально для этой цели.

Выталкиватели бывают ручного и автоматического типов (см. рис. 34). Повышают производительность и создают удобства в работе.

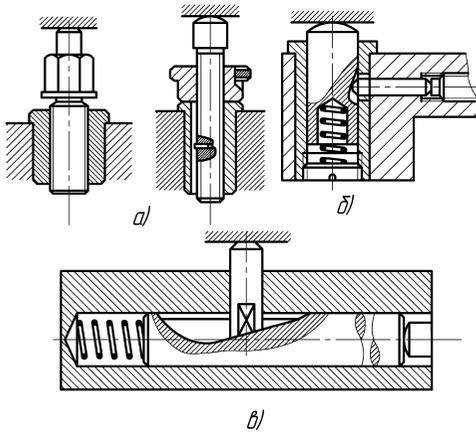


Рис. 33  
Подводные опоры:

а — винтовые; б — пружинные; в — клиновые.

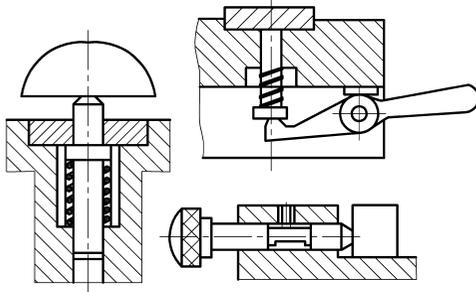


Рис. 34  
Выталкиватели

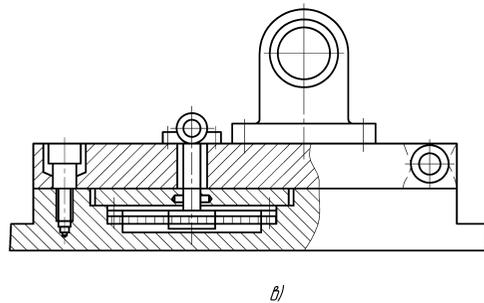
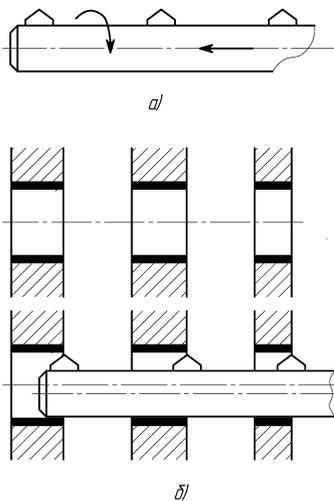


Рис. 35  
Расточной кондуктор с подъемным устройством

На рисунке 34 показан выталкиватель в кондукторе для сверления шести отверстий по окружности головки детали. Он предусмотрен потому, что кондукторные втулки и зажим мешают сделать в корпусе вырезы, которые позволяли бы захватывать деталь за головку. Уменьшить же длину корпуса, чтобы стала доступной задняя часть детали, значит ухудшить устойчивость приспособления на столе станка.

Подъемные устройства выполняют специальные технологические приемы. Примером может служить подъемный механизм расточного приспособления. Если нужно расточить одновременно несколько последовательно расположенных отверстий одного диаметра (рис. 35а), то ввод борштанги в кондуктор обычного типа в исходное положение растачиваемого отверстия невозможен. В этом случае применяют подъемное устройство, на котором закреплена заготовка. В результате получаемого смещения оси необработанных отверстий по отношению к оси расточной скалки (рис. 35б) обеспечивается ее вход в заготовку. После этого подъемная часть (рис. 35в) опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления.

## РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ ТОЧНОСТИ И ВЫБОР БАЗИРУЮЩИХ И КООРДИНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

### 3.1. ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В УСТАНОВОЧНЫХ, ЗАЖИМНЫХ И САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТАХ

**К**ачество продукции, производительность труда определяется совершенствованием технологической системы. К решениям задач, связанных с развитием технологической системы, привлечены исследовательские и проектные организации, а также специальные конструкторские бюро. Однако, несмотря на успехи в области совершенствования технологической системы, необходимо обратить внимание на то, что одному из важнейших элементов этой системы — приспособлениям — уделяется недостаточное внимание. Роль оснастки и станочных приспособлений трудно переоценить.

Многие вопросы, связанные с расчетами по обеспечению точности и износостойкости приспособлений, решают эмпирическим путем. При этом не учитывают точность приспособлений, методику назначения допусков на изнашивание установочных и направляющих элементов, направление движения инструмента и так далее. При конструировании приспособлений встречаются ошибки, обусловленные отказом от расчета на точность, когда путем завышения точности установки детали стремятся создать большой запас точности, при котором не будет надобности в расчете.

При установке детали в приспособлении ее технологические базы соприкасаются с установочными элементами, чем обеспечивается определенное положение детали относительно корпуса приспособления. Но в то же время каждая деталь имеет действительные размеры, которые отличаются от размеров деталей данной партии. Если бы перед обработкой каждой детали режущий инструмент координировался относительно установочной базы, то положение установочной базы относительно приспособления не влияло бы на окончательный размер. Приспособления использовали бы только как крепежные устройства, а погрешности, связанные с установкой детали, были бы равны нулю.

Если же положение инструмента не регулируют перед обработкой детали, то всякое изменение установочной базы относительно приспособления будет одновременно и изменением ее положения относительно инструмента, то есть при различных положениях установочные базы будут получать различные размеры. Схема базирования и закрепления заготовки находит большое применение именно в станочных приспособлениях. Поэтому конструкция станочного приспособления, точность его изготовления и установки на станке, изношенность ответственных поверхностей влияют на точность обработки.

### 3.1.1. ТОЧНОСТЬ УСТАНОВКИ

Точность расположения обрабатываемой поверхности, оказывающая влияние на качество сборки и эксплуатации данной детали, зависит не только от работы станка, но и от положения детали относительно станка и режущего инструмента.

При изучении погрешностей установки необходимо учесть упругие деформации, изнашивание приспособлений и их нагрев, точность базирования, погрешности настройки и так далее. Большинство факторов, влияющих на точность размеров, часто оказываются малосущественными для обеспечения точности координирующего размера; и наоборот, факторы, наиболее существенные для обеспечения точности относительного расположения поверхностей, как правило, для точности размера являются второстепенными.

Под установкой заготовки понимается процесс ее базирования и закрепления — приложение пар сил и сил, обеспечивающих в процессе обработки постоянство положения заготовки, достигнутого при базировании.

Погрешностью установки  $\epsilon$  как одной из составляющих общей погрешности выполняемого размера называется отклонение фактически достигнутого положения заготовки от требуемого, возникающего в результате наличия погрешностей базирования  $\epsilon_б$ , закрепления заготовки  $\epsilon_з$  и изготовления приспособления и установки его на станке  $\epsilon_{пр}$ . Величина погрешности установки возникает при установке заготовки в приспособлении, то есть до включения станка.

### 3.1.2. ПОГРЕШНОСТЬ БАЗИРОВАНИЯ

Любая схема базирования может обеспечить одинаковое положение всех заготовок партии только в том случае, если у них не будет погрешностей в размерах и во взаимных расположениях баз. В действительности же погрешности всегда имеют место и влияют на положение заготовки в приспособлении.

Погрешностью базирования называется отклонение фактического положения заготовки, достигнутое при базировании, от требуемого, возникающего при несовмещении измерительной и технологических баз в заготовке. Следовательно, положение измерительных баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обработанной поверхности. Погрешность базирования представляет собой расстояние между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера. Величина  $\epsilon_{баз}$



не является абстрактной, она относится к выполняемому размеру при данной схеме установки и поэтому должна иметь индекс соответствующего размера.

На рисунке 36а показана схема установки, для которой погрешность базирования по отношению к размеру  $A$  равна нулю:  $\epsilon_{\delta A} = 0$  (технологическая и измерительная базы совмещены в одной плоскости), а по отношению к размеру  $B$  равна допуску на размер  $C$  заготовки:  $\epsilon_{\delta B} = \delta$  (технологическая база 1 не совмещена с измерительной базой 2).

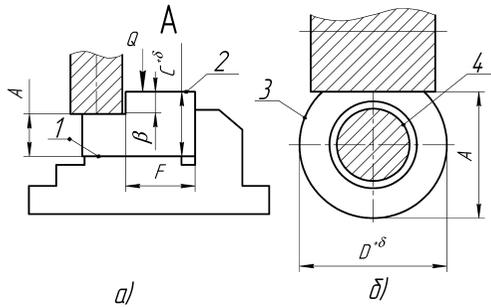
При установке в охватывающие или на охватываемые поверхности к погрешности базирования, определяемой предыдущим способом, добавляется величина проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера; смещение обусловлено зазором между технологической базой, внутренней поверхности заготовки 3 и установочным элементом 4.

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров (кроме диаметральных размеров и размеров, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одним инструментом или одной инструментальной наладкой), на точность взаимного положения поверхностей и не влияет на точность формы последних. Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и измерительные базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы. Погрешность базирования не возникает при выполнении размеров: диаметральных, связывающих поверхностей, одновременно обрабатываемых одной инструментальной наладкой, осевым инструментом.

#### *Погрешности базирования деталей при различных способах установки*

**Погрешности базирования  $\epsilon_{\text{баз}}$  при установке детали плоской поверхностью.** Рассмотрим первый случай, в котором требуется выдержать размер  $h$ . Установочная поверхность  $A$  совпадает с измерительной базой (см. рис. 37а), от которой выдерживается размер  $h \pm \delta/2$ . В этом случае  $\epsilon_{\text{баз}} = 0$ .

Во втором случае требуется выдержать размер  $h'$ . Следовательно, установочная поверхность  $A$  не совпадает с измерительной базой — поверхностью  $B$  (рис. 37б). В этом случае, очевидно, погрешность базирования равна допуску на размер  $H$ , то есть:  $\epsilon_{\text{баз}} = -\delta'$ . Если допуск на размер  $H = -\delta'$ , а на размер  $h'$  равен  $1,1\delta'$ , то во избежание указанной погрешности базирования размер  $H - h'$  должен быть выдержан с допуском  $x = 1,1\delta - \delta''$ . При  $\delta' = 0,3$  мм  $x = 0,03$  мм. Таким образом, промежуточный размер  $H - h'$  должен быть выполнен со значительно более высокой степенью точности, чем размер  $h''$ , координирующий взаимное положение рабочих поверхностей  $A$  и  $B$  детали. При этом потребуются применить высокоточный метод обработки, а к точ-



**Рис. 36.**  
Схема для определения погрешности базирования заготовок:  
а — для плоских заготовок;  
б — для цилиндрических заготовок.

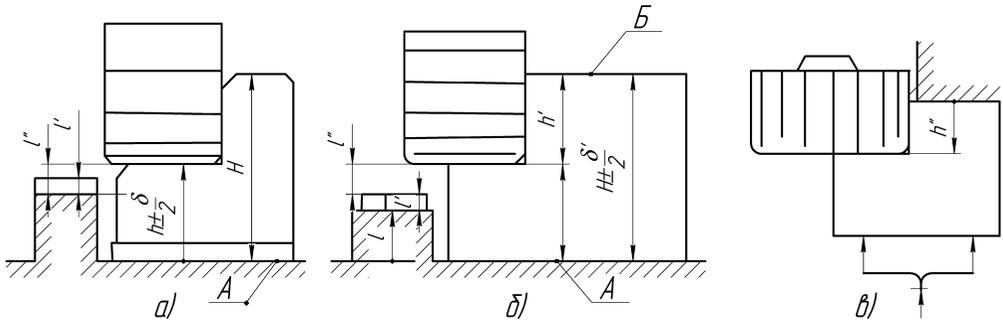


Рис. 37

Схемы для определения погрешности установки деталей на плоскость

ности приспособления предъявить высокие требования, так как получившийся допуск на размер  $H-h'$  должен быть распределен на три размера приспособления:

- 1) размер  $l$  от установочной поверхности приспособления до места крепления пластины, по которой устанавливается инструмент;
- 2) размер  $l'$  этой пластины;
- 3) размер  $l''$  от пластины до инструмента.

Если в рассматриваемом случае допуск на размер между измерительной базой и поверхностью обработки меньше допуска между измерительной и установочной поверхностями, то принятый способ базирования вообще нельзя применить, так как в этом случае допуск на расстояние между установочной и обрабатываемой поверхностями получается отрицательным. Поэтому в таких случаях необходимо совмещать установочную поверхность с измерительной (рис. 37в).

**Погрешность базирования  $\epsilon_{\text{баз}}$  детали наружной цилиндрической поверхностью при одинаковом допуске  $\delta$  на размер диаметра детали для разных случаев базирования.** Пусть необходимо выдержать размер  $h$  от образующей  $A$  цилиндра до плоскости среза  $\Pi$  (рис. 38а).

Погрешность базирования в этом случае будет (рис. 38б):

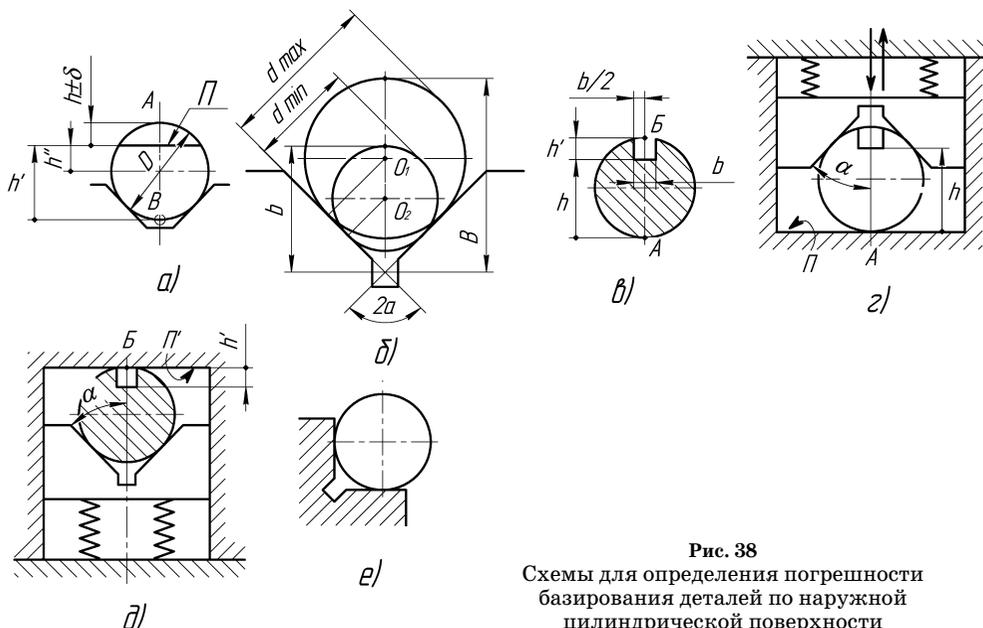
$$\begin{aligned} \epsilon_{\text{баз}} &= B - b = \left( \frac{d_{\text{max}}}{2} + \frac{d_{\text{max}}}{2\sin\alpha} \right) - \left( \frac{d_{\text{min}}}{2} + \frac{d_{\text{min}}}{2\sin\alpha} \right) = \\ &= \frac{\delta}{2} + \frac{1}{\sin\alpha} \left( \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2} \right) = \frac{\delta}{2\sin\alpha} (\sin\alpha + 1). \end{aligned}$$

Во втором случае требуется выдержать размер  $h'$  (рис. 38а) от образующей  $B$  до плоскости среза. В этом случае погрешность базирования будет (рис. 38б):

$$\epsilon'_{\text{баз}} = \left( \frac{d_{\text{max}}}{2\sin\alpha} - \frac{d_{\text{max}}}{2} \right) - \left( \frac{d_{\text{min}}}{2\sin\alpha} - \frac{d_{\text{min}}}{2} \right) = \frac{\delta}{2\sin\alpha} (1 - \sin\alpha).$$

В третьем случае надо выдержать размер  $h''$  (рис. 38а) от центра детали до плоскости среза. В этом случае погрешность базирования будет (рис. 38б):

$$\epsilon''_{\text{баз}} = \frac{d_{\text{max}}}{2\sin\alpha} - \frac{d_{\text{min}}}{2\sin\alpha} = \frac{\delta}{2\sin\alpha}.$$



**Рис. 38**  
Схемы для определения погрешности базирования деталей по наружной цилиндрической поверхности

При угле  $\alpha = 45^\circ$  получим следующие значения погрешностей базирования для рассмотренных случаев:

$$\epsilon_{\text{баз}} = \frac{\delta}{2 \sin 45^\circ} (1 + \sin 45^\circ) = 1,2\delta;$$

$$\epsilon'_{\text{баз}} = \frac{\delta}{2 \sin 45^\circ} (1 - \sin 45^\circ) = 0,21\delta;$$

$$\epsilon''_{\text{баз}} = \frac{\delta}{2 \sin 45^\circ} \approx 0,71\delta.$$

При угле  $\alpha = 90^\circ$  получим:

$$\epsilon_{\text{баз}} = \delta; \quad \epsilon'_{\text{баз}} = 0; \quad \epsilon''_{\text{баз}} = 0,5\delta.$$

Значение  $\epsilon'_{\text{баз}} = 0$  подтверждает положение о том, что при выборе измерительной базы в качестве установочной можно избежать погрешности базирования. Следовательно, в первом из рассмотренных случаев базирование целесообразно осуществлять, как и во втором, на плоскость, но не от образующей В, а от образующей А. В третьем случае деталь следует устанавливать в центрах.

Однако базировать цилиндрическую деталь на плоскость нельзя в тех случаях, когда положение обрабатываемой поверхности должно выдерживаться точно не только от образующей цилиндра, но и от оси симметрии поперечного сечения цилиндра, например, при обработке шпоночного паза (рис. 38в), расположенного в плоскости симметрии вала на определенном расстоянии  $h$  от образующей А и  $h'$  от образующей В.

В этих случаях помимо установочной плоскости (рис. 38г) или плоскости П' (рис. 38д), определяющих положение дна паза относительно образующих

А или В, необходимо использовать подвижную призму с любым углом  $\alpha$ , которая «улавливала» бы плоскость симметрии цилиндра, не нарушая положение валика на плоскости.

Базирование цилиндра в центрах обеспечивает правильное положение паза без применения подвижной призмы.

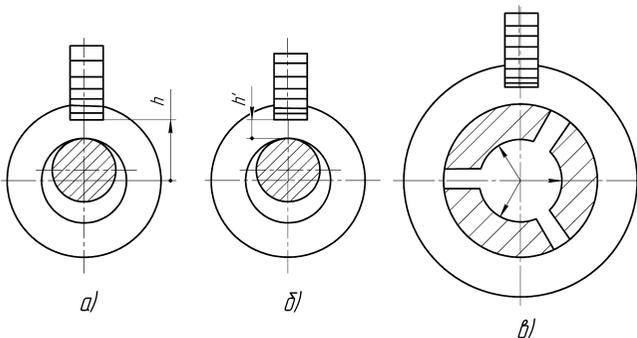
Базирование детали в «уголок» (см. рис. 38е), то есть в призму, одна из рабочих плоскостей которой расположена горизонтально, а вторая вертикально, может быть использована для обработки таких поверхностей цилиндрических деталей, положение которых не связано определенными размерами с осью цилиндра или плоскостью его симметрии (подрезание торцов, отрезание и т. п.).

Погрешность базирования  $\epsilon'_{\text{баз}}$  возникает и при базировании детали внутренней цилиндрической поверхностью. Если требуется выдержать только цилиндричность, эксцентricичность наружной и внутренней цилиндрических поверхностей, то для базирования достаточно использовать лишь одну цилиндрическую поверхность (например, бесцентровое шлифование). Такой случай встречается относительно редко, так как в процессе любой обработки наружной цилиндрической поверхности возникают осевые силы (кроме случаев, когда поверхность обрабатывается широким инструментом только с поперечной подачей), стремящиеся нарушить положение обрабатываемой детали в осевом направлении. Для восприятия этих сил приходится пользоваться дополнительной установочной поверхностью, например торцом детали. В этом случае при базировании на жесткую оправку погрешность равна допуску на установочную поверхность плюс величина зазора посадки, принятой для этой установки. При базировании на разжимную оправку погрешность в этом случае равна нулю.

Если необходимо выдержать размер  $h$  от оси отверстия детали до дна, например, шпоночного паза (рис. 39а), то погрешность базирования при одностороннем и однообразном смещении детали (при установке) от инструмента к центру оправки или пальца определится из выражения

$$\epsilon_{\text{баз}} = \frac{S}{2} + \frac{\delta}{2},$$

где  $S$  — зазор посадки, принятой для такой установки;  $\delta$  — допуск на размер диаметра отверстия.



**Рис. 39**  
Схема для определения погрешности базирования детали на внутренние цилиндрические поверхности

Если не гарантируется указанное одностороннее смещение деталей при базировании, то есть если возможна установка одних деталей со смещением вниз, а других — вверх, то погрешность базирования, соответственно, увеличивается вдвое:

$$\varepsilon = \delta + S. \quad (1)$$

Если требуется выдержать размер  $h'$  не от центра, а от образующей отверстия до дна паза (рис. 39б), то при указанном выше одностороннем смещении деталей погрешность базирования будет равна нулю. А при возможном смещении одних деталей вниз (по рисунку), а других — вверх погрешность базирования должна определяться по формуле (1).

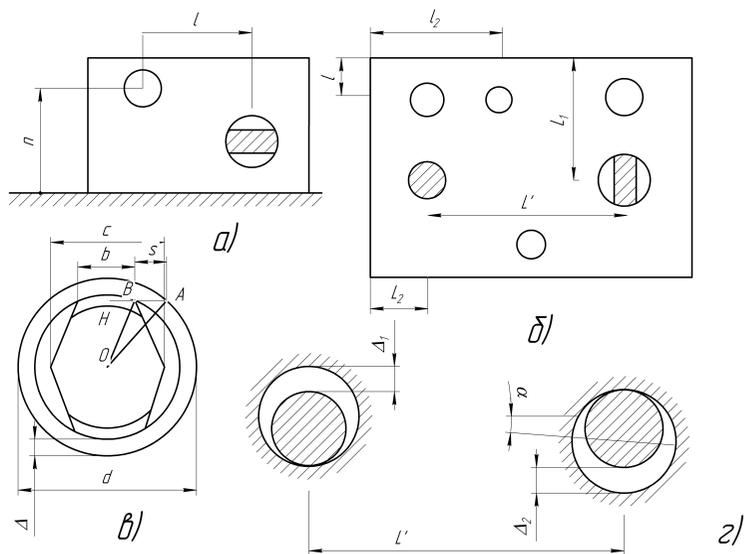
При базировании детали на разжимную оправку (рис. 39в) погрешность оп-ределится из выражения

$$\varepsilon = 0,5\delta.$$

Если необходимо обеспечить не только точное расстояние от оси или от образующей отверстия до дна паза, но и совпадения оси симметрии паза с осью симметрии отверстия, то рассмотренные способы базирования, за исключением базирования на разжимной оправке, не пригодны, так как в процессе обработки нельзя надежно предохранить деталь от смещения вследствие наличия зазора между деталью и жесткой оправкой.

**Погрешность базирования при установке детали на одно отверстие и плоскость.** Требуется обработать отверстие в корпусной детали на расстоянии  $h$  от нижней плоскости и на расстоянии  $L$  от другого, уже обработанного отверстия (рис. 40а).

В качестве установочной плоскости в этом случае целесообразно измерительную базу, а установочный палец приспособления срезать с двух сторон параллельно этой плоскости. При этом погрешность размера  $h$  будет равна нулю,



**Рис. 40**  
Схемы для определения погрешности установки детали по плоскости и отверстиям

так как положение инструмента относительно установочной поверхности приспособления для каждой детали одинаково. Размер  $L$  не будет одинаковым, поскольку положение детали меняется в зависимости от величины фактически до зазора между установочным отверстием детали и срезанным пальцем. Поэтому погрешность  $L$  может быть определена по формуле (1).

**Погрешность базирования при установке детали на два пальца и плоскость.** Требуется обработать отверстие на расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от боковых поверхностей детали (см. рис. 40б). Погрешности размеров  $l_1$  и  $l_2$  определяются соответственно из выражений:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \delta_{L1} + \delta + S;$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \delta_{L2} + \delta + S,$$

где  $\delta_{L1}$  — допуск на размер  $L_1$ ;  $\delta_{L2}$  — допуск на размер  $L$ ;  $S$  — максимальный зазор принятой посадки детали на пальцы.

В этом случае, как и в предыдущем, также следует срезать боковые поверхности одного из пальцев в направлении, перпендикулярном линии центров пальцев.

Для достижения требуемой точности установки детали ширину остающейся цилиндрической поверхности пальца следует рассчитать исходя их допусков на расстояние между пальцами приспособления и между отверстиями обрабатываемой детали. Из рисунка 40в следует

$$\left(\frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left[\left(\frac{d}{2} + \Delta\right)^2 - \left(\frac{b}{2} + S\right)^2\right].$$

Пренебрегая в этом выражении величинами  $S^2$  и  $\Delta^2$ , как весьма малыми, получим

$$b = \frac{d \cdot \Delta}{S}.$$

В случае, когда один размер  $L$  и величина  $\Delta$  получаются минимальными, а второй размер  $L'$  — максимальным,

$$S = \delta_1 + \delta_2 - \Delta_1,$$

окончательно находим

$$b = \frac{d \cdot \Delta}{\delta_1 + \delta_2 - \Delta_1}.$$

Практически после зачистки кромок пальца размер  $b$  будет несколько меньше полученного по расчету, но он не может быть отрицательным, так как

$$\delta_1 + \delta_2 \geq \Delta_1,$$

где  $\Delta_1$  — половина диаметрального зазора в соединении обрабатываемой детали с пальцем.

При расчете размера  $b$  для случая установки детали на один палец и на плоскость (рис. 40а) может быть использована та же формула. Величина  $\Delta_1$  при этом исключается, так как отсутствует второй палец, а величины  $\delta_1$  и  $\delta_2$  будут представлять допустимое отклонение размера  $L'$ .



Когда по техническим условиям на изготовление детали указан допустимый угол перекося, его используют для проверки выбранных посадок по формуле

$$\sin[\alpha] \leq \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2L'},$$

где  $[\alpha]$  — допустимый угол перекося детали, установленной на пальце;  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  — наибольшие диаметральные зазоры выбранных посадок детали на пальцы (см. рис. 40z);  $L'$  — расстояние между центрами пальцев. В случаях, когда неподвижные пальцы мешают загрузке детали, их делают утопающими или выдвигаемыми с помощью реечного или другого механизма.

### 3.1.3. ПОГРЕШНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

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

$$\epsilon_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  — угол между направлением выполняемого размера и направлением смещения измерительной базы.

Выражение в скобках представляет собой расстояние между предельными положениями измерительной базы. Умножая его на  $\cos \alpha$ , получаем погрешность закрепления для выполняемого размера. Погрешность закрепления  $\epsilon_3$  для размеров  $A$  и  $B'$  (см. рис. 36a) не равна нулю, а для размера  $E$   $\epsilon_3 = 0$ , так как боковая (измерительная) база перемещается при зажиме заготовки в собственной плоскости.

Сила закрепления должна надежно прижимать заготовку к опорам приспособления. При неправильной схеме закрепления, когда это условие не обеспечивается, часто происходит поворот или смещение заготовки на значительную величину от исходного положения. Такое смещение вызывается неправильной схемой базирования.

Смещение измерительной базы заготовки происходит в результате деформации звеньев цепи, через которые передается сила закрепления (заготовка — установочные элементы — корпус приспособления). Из всего баланса перемещений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в стыке заготовка — установочные элементы. Контактные деформации в постоянных сопряжениях приспособления, деформации сжатия заготовки и деталей приспособления малы.

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

$$y = CQ^n,$$

где  $Q$  — сила, приходящаяся на опору;  $C$  — коэффициент, характеризующий вид контакта, материал, шероховатость поверхности и верхний слой заготовки;  $n$  — эмпирический коэффициент.



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

При обработке партии заготовок сила  $Q$  колеблется от  $Q_{\max}$  до  $Q_{\min}$ , коэффициент  $C$  — от  $C_{\max}$  до  $C_{\min}$ . На рисунке 41 показано изменение деформации в зависимости от этих величин. Величина деформации вычисляется по формуле

$$y_1 = y_{\max} - y_{\min} = C_{\max} Q_{\max}^n - C_{\min} Q_{\min}^n,$$

что характеризует поле рассеяния перемещений заготовки в результате ее деформации при контакте с опорами приспособления. При распределении величин  $Q$  и  $C$  по нормальному закону распределение  $y$  подчиняется этому закону.

На рисунке 41 показано также поле рассеяния положения заготовки  $y$  в результате упругих деформаций элементов приспособления, через которые передается сила зажима

$$y_2 = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{J},$$

где  $J$  — жесткость системы этих элементов.

Поскольку  $y_1$  и  $y_2$  представляют собой поле рассеяния случайных величин, то, принимая распределение в обоих случаях по нормальному закону, получим их сумму:

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(C_{\max} Q_{\max}^n - C_{\min} Q_{\min}^n)^2 + \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})^2}{J^2}} \cos \alpha.$$

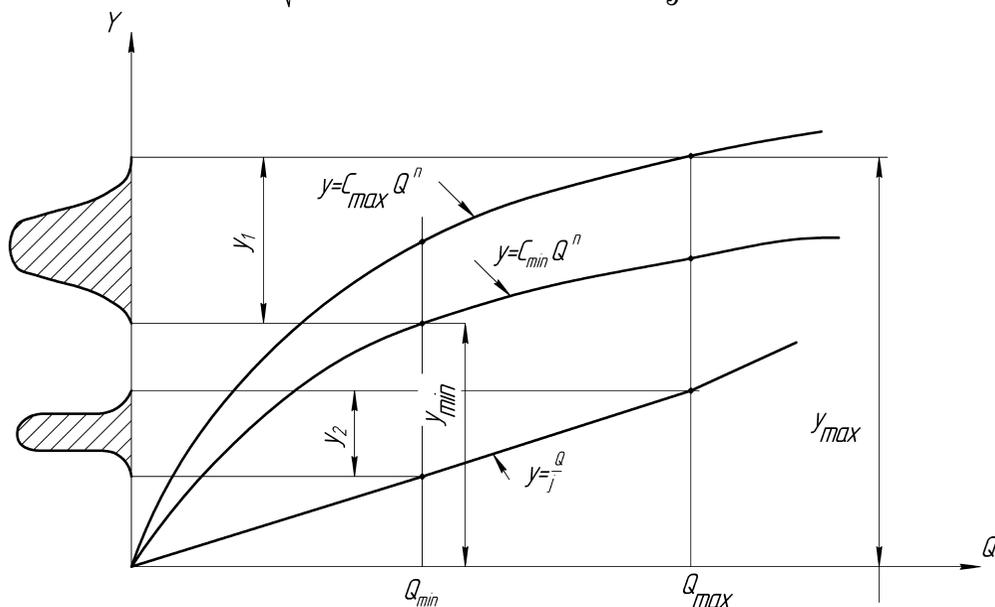


Рис. 41

График для определения погрешности закрепления

Обычно  $y_1 > y_2$ . В этом случае

$$\varepsilon_3 \approx \left[ 0,96(C_{\max} Q_{\max}^n - C_{\min} Q_{\min}^n) + 0,4 \frac{(Q_{\max} - Q_{\min}^n)^2}{J^2} \right] \cos \alpha,$$

при  $y_1 > 4y_2$  (наличие жесткого по конструкции приспособления)

$$\varepsilon_3 \approx (C_{\max} Q_{\max}^n - C_{\min} Q_{\min}^n) \cos \alpha.$$

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

- стабилизируя силу закрепления (применение пневматических и гидравлических зажимов вместо ручных);
- повышая жесткость стыка опоры приспособления (увеличивая базовую поверхность заготовки);
- увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления;
- улучшая качество базовых поверхностей;
- располагая направления выполняемого размера и смещения измерительной базы по нормали друг к другу;
- использованием приводов автоматизированных станочных приспособлений со стабильной силой закрепления заготовки;
- повышением износостойкости опор;
- шлифованием ответственных поверхностей опор и других деталей станочного приспособления;
- многократной затяжкой стыков станочных приспособлений;
- введением в стыки станочных приспособлений тонкого слоя клея;
- более тщательной обработкой баз заготовок с уменьшением и стабилизацией параметров волнистости и шероховатости поверхности.

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

### 3.1.4. ПОГРЕШНОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Погрешность положения заготовки  $\varepsilon_{\text{пр}}$ , вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов  $\varepsilon_{\text{yc}}$  износом последних  $\varepsilon_{\text{и}}$  и ошибками установки приспособления на станке  $\varepsilon_{\text{с}}$ .

Составляющая  $\varepsilon_{\text{yc}}$  характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. При использовании одного приспособления это систематическая постоянная погрешность, которую частично или полностью устраняют настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав  $\varepsilon_{\text{пр}}$ . Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают  $\varepsilon_{\text{yc}}$  в пределах 0–15 мкм, а для прецизионных — 0–10 мкм.



Составляющая  $\epsilon_n$  характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий (времени работы приспособления), их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности, а также условий установки заготовки в приспособлении и ее снятия. Больше всего изнашиваются постоянные и регулируемые опоры, у которых контакт с заготовкой осуществляется по малым площадкам. Сильно изнашиваются боковые поверхности призм, контактирующие с заготовкой по узкой площадке. Менее интенсивно изнашиваются опорные пластины и круглые пальцы.

Скорость изнашивания возрастает с массой заготовки и сдвига по опорам при ее установке в приспособлении. Изнашивание неравномерно во времени и носит локальный характер. Опорные пластины больше изнашиваются в середине и с одного края, а пальцы — со стороны установки заготовки.

Составляющая  $\epsilon_c$  выражает погрешность установки, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве при неизменном закреплении приспособления на станке  $\epsilon_c^3$  доводится выверкой до определенного минимума в течение постоянного времени эксплуатации приспособления. Она может быть компенсирована настройкой станка. В серийном производстве периодически сменяют приспособления на станках, величина  $\epsilon_c$  становится при этом некомпенсируемой, случайной. На величину  $\epsilon_c$  дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособления. Смещения приспособлений на станке уменьшают применением направляющих элементов (шпонка для пазов стола, центральные пояски, фиксаторы), правильным выбором зазоров сопряжения, а также равномерной затяжкой крепежных деталей. Величина  $\epsilon_c$  составляет 10–20 мкм. Таким образом,  $\epsilon_{np}$  вычисляется по формуле

$$\epsilon_{np} = t\sqrt{\lambda_1\epsilon_n^2 + \lambda_2\epsilon_c^2} + \epsilon_{yc},$$

где  $t$  — коэффициент риска;  $\lambda$  — коэффициенты, зависящие от кривой распределения; для кривой Гаусса  $\lambda = 1/9$ , для кривой равной вероятности  $\lambda = 1/3$ .

Величина  $\epsilon_{yc}$  рассматривается как постоянная, учитываемая и компенсируемая настройкой станка. Для указанных значений величин  $\lambda$

$$\epsilon_{np} = \sqrt{3\epsilon_n^2 + \epsilon_c^2} + \epsilon_{yc}.$$

При использовании приспособления в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и компенсируются настройкой станка)

$$\epsilon_{np} = \epsilon_n.$$

Если используется многоместное приспособление:

$$\epsilon_{np} = \sqrt{\epsilon_{yc}^2 + 3\epsilon_n^2}.$$

Погрешность установки как суммарное поле случайных величин:

$$\epsilon_{np} = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{np}^2}.$$



### 3.2. ВОЗМОЖНОСТЬ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК НА ПАЛЬЦЫ

Пальцами называются детали приспособлений, на которые обрабатываемая деталь надевается своими обработанными отверстиями. Обычно установку производят не более чем на два пальца, так как использование большого количества пальцев не повышает точности установки, а изготовление приспособления при этом значительно усложняется. Установочные пальцы запрессовываются в корпус приспособления или свободно вставляются в него с последующим затягиванием винтом или гайкой (рис. 42).

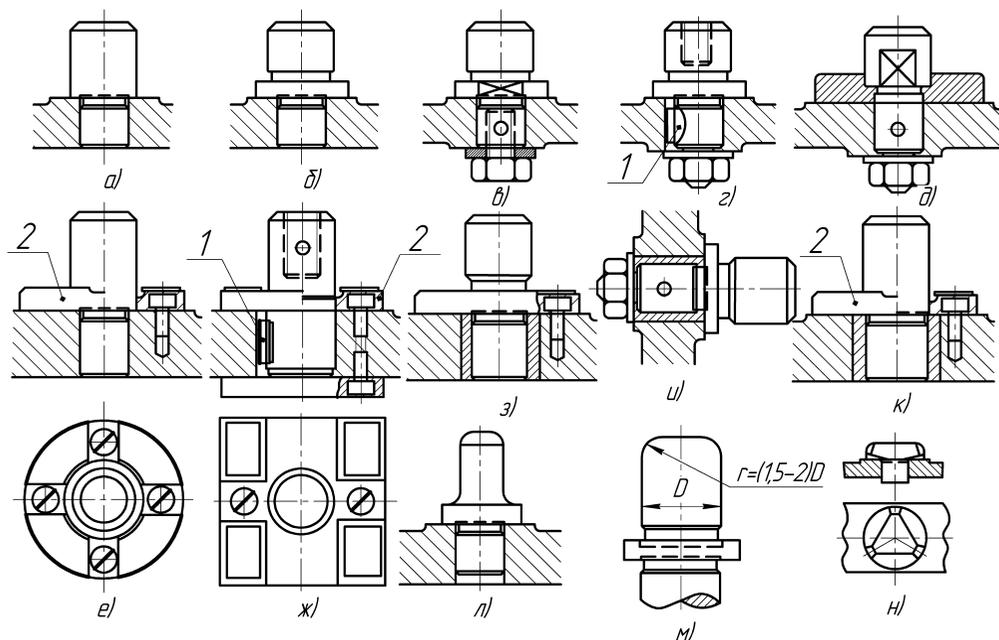


Рис. 42  
Установочные пальцы

Пальцы используют для реализации теоретической схемы базирования цилиндрической заготовки с соотношением длины к диаметру меньше единицы.

Конструкции пальцев стандартизованы ГОСТами 12209-66, 12210-66, 12211-66 и 12212-66.

Если по условиям работы не требуется частая смена пальцев, их изготавливают такими, как показано на рисунке 42а, б и запрессовывают в корпус приспособления по легкопрессовой посадке 6–7-го квалитета точности.

При необходимости часто менять пальцы, что имеет место при установке на них тяжелых деталей, и для ускорения смены пальцев рекомендуется использование конструкции с закаленными втулками. Смену запрессованного пальца осуществить непосредственно на станке почти невозможно, так как отверстия под пальцы нередко приходится дополнительно растачивать с соблюдением точных линейных допусков между отверстиями. Палец же, помещенный во втулку, можно легко сменить в кратчайшее время непосредственно на рабочем месте.



Конструкции, изображенные на рисунке 42а, л применяют лишь в тех случаях, когда деталь прилегает к другим опорам, а не к буртику пальца, причем конструкция л применяется при малых отверстиях обрабатываемой детали (не более 8 мм) или когда значительные силы, действующие на палец, угрожают ему поломкой.

Конструкции г и ж со шпонкой 1 применяют в случаях, когда палец используется не только для установки детали, но и для ее резьбового зажима. Шпонка разгружает палец от действия крутящего момента, возникающего при зажиме. Конструкция ж применяется при тяжелых работах и значительных силах зажима.

В конструкциях д, е, ж и к, когда значительные силы зажима и резания изнашивают буртик быстрее стержня пальца, вместо буртика применяют сменные шайбы 2. Преимущество шайб состоит еще и в том, что рабочую плоскость шайбы легко шлифовать в один уровень с другими опорами при вынужденном пальце, что невозможно осуществить у буртиков цельных пальцев. При использовании пальцев с буртиком необходимо обращать особое внимание на удобства очистки буртика от стружки. Для этого опорную поверхность буртика выполняют прерывистой.

При проектировании крупных приспособлений рекомендуется применять крепление пальцев за сменный буртик (см. рис. 42з, к), а не за хвостовик. Этим облегчается ремонт приспособления, так как устраняется необходимость поворачивать при ремонте все приспособления. При расположении пальца в вертикальной стенке приспособления возможен и тот и другой способ крепления.

Конструкция пальца к характерна тем, что в ней сменный буртик (шайба) удерживает палец от выпадения.

При конструировании пальцев особое внимание следует обращать на размеры приемной части. Чтобы облегчить надевание детали, фаску под углом 45° следует делать по возможности широкой. Практикой установлено, что наиболее рациональной формой приемной части пальца является форма, изображенная на рисунке 42м. Для установки по окружности отверстия с торца применяют палец по рисунку 42н.

При использовании одного пальца диаметр его рабочей части может быть выполнен по посадке g6, f7.

При установке деталей на два пальца один из них, как правило, подвергается двухстороннему срезу по направлению, перпендикулярному линии центров пальцев (рис. 43а). Если деталь устанавливается на один палец и одновременно на плоскость, параллельную ее оси, то палец также срезают с двух сторон, как показано на рисунке 43б.

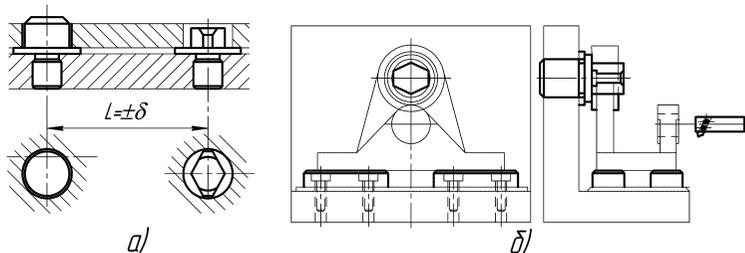
Срезание пальцев облегчает надевание на них деталей вследствие того, что и в первом случае — в направлении линии центров пальцев, и во втором — в направлении перпендикуляра, опущенного из какой-либо точки оси пальца на установочную плоскость приспособления, возникает дополнительный зазор, компенсирующий погрешность расстояния между установочными поверхностями обрабатываемой детали и соответствующими установочными элементами приспособления.

Форма среза зависит от размеров поперечного сечения пальца. Выбор формы обусловлен стремлением сохранить по возможности большее поперечное



Рис. 43  
Схема установки  
деталей:

*a* — на два пальца; *б* —  
на палец и плоскость.



сечение, а следовательно, и максимальную прочность пальцев. Чем уже оставляется цилиндрическая часть пальцев, тем больший достигается компенсирующий зазор. Однако чрезмерное сужение этой поверхности усиливает ее износ. Вследствие этого цилиндрическую часть пальца рекомендуется оставлять по возможности более широкой.

Пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали У8А, а свыше 16 мм — из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм. Пальцы закаливают до твердости HRCэ 50...55. Диаметр рабочей поверхности пальца выполняют с отклонениями по посадкам *g5*, *g6*, *f6*, *f7*, *e9*.

В случаях, когда рассмотренные неподвижные пальцы мешают загрузке деталей, их делают утопающими или выдвигными с помощью реечного или другого механизма.

Помимо рассмотренных цилиндрических пальцев в практике находят применение конические пальцы (см. рис. 42*н*), на которые обрабатываемая деталь при установке опирается только по окружности отверстия торца. Для лучшей установки по центру на таких пальцах их конические поверхности срезают тремя плоскостями, чем обеспечивается соприкосновение обрабатываемой детали с пальцем, расположенным под углом 120°.

Почти все рассмотренные элементы для установки обрабатываемых деталей по цилиндрическим поверхностям могут быть как основными, так и вспомогательными опорами.

При установке заготовок на пальцы могут возникать различные погрешности.

При первом варианте установки на палец любой заготовки из партии гарантируется контакт базового отверстия с установочным элементом всегда по одной и той же образующей, выбранной в качестве технологической базы. На рисунке 44*а* показано положение заготовки, которое она займет под действием собственной силы тяжести при горизонтальном расположении оси пальца. В этом случае установочной базой будет образующая, проходящая через точку *O*. Для трех размеров (*A*, *B*, *B*) установочная база не совпадает с измерительной. Поэтому для каждого из указанных размеров возникает погрешность базирования:

$$\epsilon_{6A} = \frac{\delta_0}{2} + \frac{\delta_{изг}}{2} + 2e + \frac{\delta_{изн}}{2};$$

$$\epsilon_{6B} = \frac{\delta_0}{2} + \frac{\delta_{изг}}{2};$$

$$\epsilon_{6B} = \frac{\delta_0}{2} + \frac{\delta_{изг}}{2} + 2e + \frac{\delta_{изн}}{2},$$

где  $\delta_0$  — допуск на изготовление базового отверстия;  $\delta_{изг}$  — допуск на изготовление пальца;  $\delta_{изн}$  — допуск на износ пальца;  $\epsilon$  — эксцентриситет наружной и внутренней поверхностей заготовки.

Сопоставляя погрешности базирования этих размеров, видим, что наименьшая погрешность возникает при выдерживании размера  $B$ .

При втором варианте установки не гарантируется контакт базового отверстия с установочным элементом по определенной образующей. Например, при

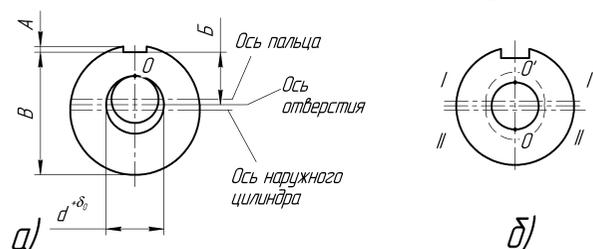


Рис. 44

Положение заготовки для определения погрешности установки на пальцы

установке заготовки на палец с вертикальной осью в приспособлении создаются условия для смены положения установочной базы при установке партии заготовок. Контакт отверстия с пальцем может происходить по образующим, проходящим через т.  $O$  и  $O'$  (рис. 44б). Максимальное расстояние между осью пальца (I-I) и осью базового отверстия

(II-II) равно максимальному зазору сопряжения между ними. Максимальный зазор  $S_{max}$  равен сумме минимального гарантированного зазора  $S_{min}$ , допуска на изготовление отверстия  $\delta_0$  допусков на изготовление и износ пальца  $\delta_n$ . Тогда погрешности базирования при выдерживании размеров  $A$  и  $B$  будут равны

$$\epsilon_{6A} = \epsilon_{6B} = S_{min} + \delta_0 + \delta_n + 2e + \frac{\delta}{2};$$

$$\epsilon_{6B} = S_{min} + \delta_0 + \delta_n.$$

### 3.3. КОНДУКТОРНЫЕ ВТУЛКИ, КОНСТРУКЦИЯ, ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

#### 3.3.1. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДУКТОРНЫХ ВТУЛОК

При выполнении отдельных операций механической обработки жесткость режущего инструмента бывает недостаточной для устранения упругих отжатый инструмента и придания ему определенного положения. В процессе обработки относительно заготовки применяют направляющие детали, в частности кондукторные втулки. Они должны быть точными, износостойкими и сменными.

Кондукторные втулки применяют в сверлильных и расточных приспособлениях. Втулки, в которых режущий инструмент направляется рабочей частью, называют кондукторными.

С помощью таких втулок направляют самые разнообразные инструменты для обработки отверстий: зенкеры, центровые сверла, развертки и тому подобное, но прежде всего — обыкновенные спиральные сверла в приспособлениях для сверления — кондукторах.

При сверлении (вообще — при обработке мерным инструментом) устанавливать инструмент на заданные координаты оси отверстия методом пробных



проходов и промеров невозможно: любой неудачный установочный выводит деталь в брак. Кроме того, конструкция сверлильных станков не позволяет отсчитывать (с помощью лимбов и тому подобного) изменение координат, а допускает только выверку взаимного положения приспособления и инструмента в плоскости стола станка (рис. 45а).

Процесс выверки (она возможна особыми приемами или пробной обработкой некондиционных деталей) длителен. Поэтому к выверке прибегают лишь в тех случаях, когда для установки и закрепления детали пользуются какими-либо приспособлениями общего назначения. Например, трехкулачковым самоцентрирующим патроном (для сверления отверстий в торце валика), тисками и тому подобным. Поэтому в каждом приспособлении для сверления обязательно предусматривают кондукторную втулку (рис. 45б).

Втулка не только определяет положение сверла, но и препятствует смещению конца сверла в момент врезания. Без втулки такое смещение (увод) может быть значительным из-за перемычки между режущими кромками сверла.

Таким образом, кондукторная втулка просто и надежно обеспечивает точность координат отверстия, трудно достижимую иными средствами. Погрешность исходного размера будет зависеть только от точности расположения отверстия втулки относительно исходной базы и от величины зазора, предусмотренного между отверстиями втулки и сверлом.

Однако этим не исчерпывается важность значения кондукторной втулки. Такие втулки являются наиболее простым средством резкого повышения производительности при выполнении многопереходных операций, требующих различных позиций приспособления (рис. 46). Они делают ненужными операции разметки отверстий перед сверлением (в случаях, когда заданную точность координат можно достичь по разметке) или использованием координатно-расточного станка (в случаях большей заданной точности).

Таким образом, для многопереходных операций втулки выступают в роли средства, обеспечивающего автоматическое получение заданных размеров (координат отверстий). Это ставит их по важности в один ряд с установочными элементами приспособлений.

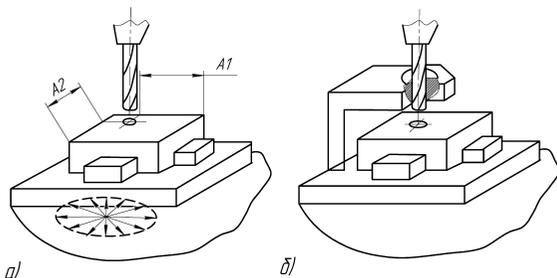


Рис. 45

Установка сверла на координаты оси отверстия:  
а — установка с помощью выверки в плоскости стола станка; б — установка с помощью кондукторной втулки.

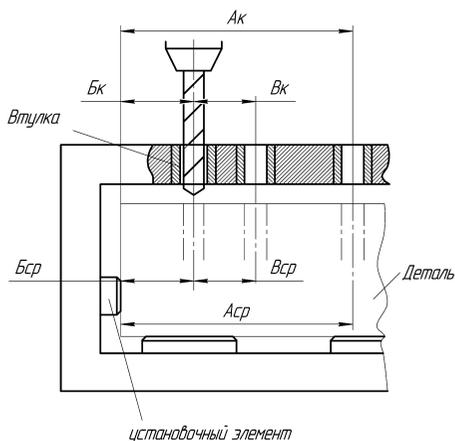


Рис. 46

Использование кондукторных втулок при выполнении многопереходной операции:  
 $A_{ср}$ ,  $B_{ср}$ ,  $B_{ср}$  — средние значения заданных координат.

### 3.3.2. КОНСТРУКЦИИ КОНДУКТОРНЫХ ВТУЛОК

Наиболее употребительные конструкции кондукторных втулок стандартизованы. Различают три вида стандартизованных втулок: постоянные, сменные и быстросменные.

Постоянные втулки выполняются без бурта по ГОСТ 18429-73 и с буртом по ГОСТ 18430-73 (рис. 47а). Диаметр отверстия втулки ( $d$ ) назначают по сверлу. Высоту  $H$  втулки принимают около  $(1...2)d$ , но при меньшем  $d$ . Эта высота больше — до  $H=(4...6)d$ . Между нижним торцом втулки и детали оставляют зазор (около  $0,5d$ ) для мелкой стружки.

Кондукторные втулки применяются тогда, когда отверстие на операции обрабатывается лишь одним инструментом (сверлом или зенкером). При установке в кондукторную плиту они запрессовываются по посадке  $H7/n6$ .

При износе или повреждении такой втулки приспособление следует отправить в ремонтный или инструментальный цех для ее замены. Для этого требуется выпрессовать старую втулку, обработать отверстие для новой втулки, подогнать новую втулку по отверстию, проверить положения ее оси относительно установочных элементов приспособления и относительно осей других втулок. Такой сложный и длительный ремонт, связанный с изъятием приспособления из производства, при массовом или крупносерийном производстве деталей недопустим.

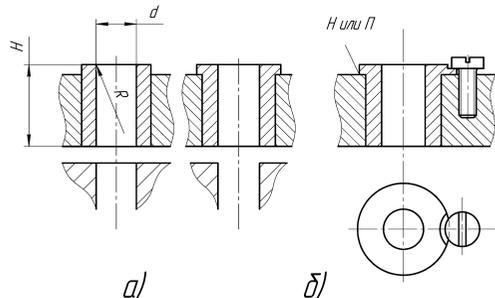


Рис. 47

Кондукторные втулки:

а — постоянные; б — сменные.

Поэтому в приспособлениях, срок службы которых больше срока служ-

бы втулок при изготовлении большого количества деталей, для упрощения замены изношенных втулок применяют сменные втулки (рис. 47б). Эти втулки изготавливаются по ГОСТ 18431-73. Они используются при обработке отверстий одним инструментом, но в тех случаях, когда необходима сравнительно частая их замена вследствие износа. Кондукторные втулки выдерживают около десяти-двадцати тысяч сверлений. Сменные втулки устанавливаются в основные втулки по посадке  $H7/g7$ ,  $H6/g5$  и во избежание проворачивания и подъема при обработке закрепляются винтами. Основные втулки запрессовываются в кондукторные втулки по посадке  $H7/n6$ .

Для смены такой втулки при ее износе достаточно отвинтить крепежный винт, после чего втулка легко заменяется новой непосредственно на рабочем месте. Однако не только износ и повреждение втулки требуют ее удаления из гнезда. Очень часто при одной установке обрабатываемой детали приходится производить многократную обработку одного и того же отверстия — например, сверление и развертывание или сверление и нарезание резьбы и тому подобное. Так как каждый последующий инструмент имеет больший размер диаметра, требуется смена направляющей втулки, а иногда и удаление ее (для нарезания резьбы метчиком) после обработки каждым инструментом.

В этих случаях многократное отвинчивание крепежного винта было бы весьма непроизводительной тратой времени, поэтому для такой обработки применяют быстросменные втулки (рис. 48).

Эти втулки выполняются по ГОСТ 18432-73. Они устанавливаются в основные втулки по посадкам  $H6/g5$  или  $H7/g6$ . Применяются в тех случаях, когда в процессе операции отверстие обрабатывается последовательно несколькими инструментами, например, сверлом, зенкером, разверткой. Для направления каждого из них предусматривается своя быстросменная втулка. Буртик у втулок делается высоким и с накаткой для удобства их удержания при снятии и установке.

На буртике имеется сквозной продольный паз, позволяющий легко вынимать и вставлять втулку при замене, а также боковой уступ для головки винта, удерживающего ее от выталкивания стружкой. При снятии втулку поворачивают против часовой стрелки до совпадения паза с головкой винта и поднимают вверх.

Режущий инструмент (сверла, зенкера и развертки) направляется в отверстие всех кондукторных втулок по подвижной посадке с гарантированным зазором. При этом инструмент принимается за основной вал, а отверстие во втулках выполняется в системе вала, и необходимая посадка обеспечивается за счет соответствующих отклонений диаметра отверстия. Для направления сверла и зенкера используют посадки  $G7$  и  $F8$ , а для разверток —  $G7$ . Высота постоянных и сменных втулок составляет от 1,5 до 2 диаметров отверстий втулок под инструмент. Расстояние между торцом втулки и заготовкой 0,3–1 мм.

Основные размеры описанных обыкновенных втулок нормализованы. Конструкции, отличающиеся от обыкновенных, относятся к категории специальных. Например, крупные быстросменные втулки снабжают рукоятками; при большой окружной скорости инструмента во избежание перегрева втулки делают вращающимися и тому подобное. На рисунке 49 показано несколько примеров специальных втулок.

Специальные втулки имеют конструкцию, соответствующую особенностям заготовки и операции. Однако общие соображения о выборе посадки инструмента во втулке, ее высоты, расстоянии между втулкой и заготовкой остаются теми же, что и для стандартных втулок.

Определение предельных размеров отверстия кондукторных втулок производится с учетом допусков на диаметр инструмента, который выбирают из соответствующих ГОСТов. Допуски на изготовление и износ кондукторных втулок приводятся

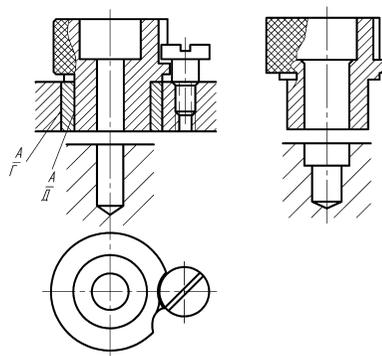


Рис. 48  
Быстросменные втулки  
(комплект из двух втулок)

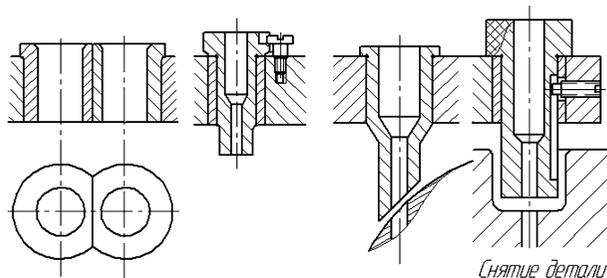


Рис. 49  
Специальные кондукторные втулки

в справочниках. При изготовлении деталей с направлением режущего инструмента кондукторными втулками необходимо применять охлаждение для предотвращения большого нагревания инструмента и возможности его заедания во втулке.

### 3.3.3. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДУКТОРНЫХ ПЛИТ

Для установки в нужном положении **кондукторных** втулок применяют кондукторные плиты.

Они служат для установки в их отверстиях кондукторных втулок. В зависимости от способа соединения с корпусом приспособления кондукторные плиты подразделяют на постоянные, шарнирные, или откидные, съемные, подвесные и подъемные (перемещаемые специальными механизмами).

Постоянные плиты изготавливают заодно с корпусом приспособления (отливают вместе с ним или сваривают) или отдельно от него, но жестко прикрепляют к корпусу преимущественно при помощи винтов. Точность обработки в приспособлении, имеющем плиту, отлитую вместе с корпусом, зависит лишь от точности расположения в плите отверстий для кондукторных втулок и точности изготовления самих втулок. При использовании же приспособлений с отдельными плитами, прикрепленными винтами, точность обработки будет зависеть, кроме того, и от точности расположения плиты на корпусе. Поэтому для того, чтобы избежать возможного сдвига плиты в процессе работы, в дополнение к крепежным винтам применяют контрольные штифты, с помощью которых точно фиксируется положение плиты на корпусе. Для облегчения изготовления приспособления следует отдавать предпочтение плитам, прикрепляемым к корпусу винтами, так как такие плиты открывают доступ внутренней обработке корпуса, облегчают обработку отверстий для втулок в самой плите и исключают брак всего корпуса в случае получения брака при обработке плиты.

Шарнирные, или откидные, плиты изготавливают отдельно от корпуса и связывают с ним шарнирно. Для этого на одном конце плиты точно обрабатывается отверстие для оси, а на втором предусматривается прорезь для крепежного откидного винта. В местах расположения последних предусматривают сменные опоры для плиты. Такие плиты представляют некоторые неудобства по сравнению с постоянными плитами в отношении установки и снятия обрабатываемой детали. Точность обработки с ними ниже, а стоимость изготовления выше.

Съемные плиты выполняются отдельно от корпуса и не имеют с ним постоянной связи. Заготовку закрепляют в приспособлении, устанавливая съемную плиту, а после обработки съемную плиту снимают. Съемная плита координируется на корпусе при помощи точно расположенных пальцев и укрепляется чаще всего откидными быстродействующими зажимами. Иногда такие плиты используют для закрепления обрабатываемой детали в приспособлении. Так как снятие и установка плиты требуют много времени, такие плиты в массовом и крупносерийном производстве применять нецелесообразно.

Подвесные кондукторные плиты по краям имеют два отверстия, которыми их устанавливают на нижних концах двух направляющих скалок и закрепляют гайками. Верхние концы скалок свободно входят в отверстия втулок, запрессованных в отверстия корпуса многошпиндельной сверлильной головки, которая



закреплена на гильзе шпинделя станка. Преимущества таких плит в том, что, перемещаясь вместе со шпинделем станка, они не требуют специального времени для удаления плиты при смене обрабатываемой детали и используются также для крепления детали. Применяют такие плиты чаще всего при многошпиндельном сверлении.

Подъемные кондукторные плиты сходны с подвесными. Они по краям имеют два отверстия, которыми их устанавливают на верхних концах двух направляющих скалок и закрепляют гайками. Нижние концы направляющих скалок входят в отверстие корпуса приспособления. Подъем и опускание направляющих скалок с кондукторной плитой производится от пневмопривода. Применяют такие плиты в быстродействующих приспособлениях, в частности в скальчатых кондукторах, широко используемых в массовом и крупносерийном производствах.

Так как в кондукторных плитах устанавливаются втулки, служащие для направления инструмента во время его работы, а от точности этого направления зависит точность обработки, то при конструировании плит необходимо предусматривать достаточную их жесткость. Однако не следует делать их слишком массивными, чтобы не утяжелять приспособления. Толщина плиты определяется высотой кондукторной втулки и находится в пределах 15–20 мм. Для высоких втулок на плите предусматривают местные утолщения. Жесткость плиты достигается при помощи ребер, отливаемых заодно с плитой или привариваемых к ней.

### 3.4. РАСЧЕТ КОНДУКТОРОВ

Износ направляющих отверстий втулок составляет до 80 % и более от суммарного износа деталей кондукторов. Допустимый износ поверхностей установочных деталей кондукторов выбирается в пределах половины допуска на размер. Допустимый износ опорных поверхностей выбирается в пределах половины допускаемого отклонения координатного размера кондуктора. Допустимый износ сопрягающихся поверхностей быстросменной втулки (наружная поверхность) и втулки гнезда (отверстия) назначаются в пределах наибольшего предела зазора посадки. Допустимый износ подвижных сопряжений фиксирующих элементов назначается в пределах наибольшего предельного зазора посадок. Допустимый зазор направляющего отверстия с учетом нормированного допустимого износа поверхностей деталей кондуктора:

$$\varepsilon_n = \delta_o - \varepsilon_\Sigma.$$

В составе слагаемых, определяющих  $\varepsilon_\Sigma$  для различных типов кондукторов, учитывают составляющие погрешности, зависящие от их конструктивных особенностей. Для накладных, крышечных и ящичных кондукторов можно записать

$$\varepsilon_{n1} = \sqrt{\delta_{L1П}^2 - \varepsilon_B^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_n^2 + e^2 + \left(\frac{S_B}{2}\right)^2 + x^2 + \varepsilon_{изм}^2},$$

где  $\varepsilon_B$  равна половине максимального зазора между изношенным в пределах допуска установочным пальцем и наибольшим базовым отверстием детали;  $\varepsilon_n$  —



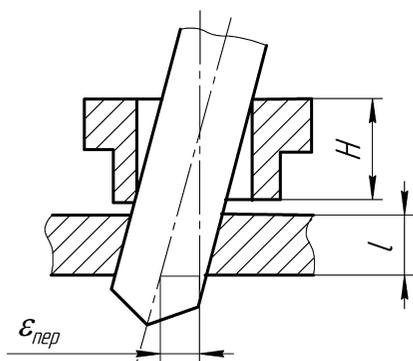


Рис. 50

Погрешность смещения оси инструмента

погрешность изготовления втулки;  $\varepsilon_3$  — погрешность закрепления;  $\delta_{L\Pi\Pi}$  — допустимое отклонение на координатный размер кондуктора, равный расстоянию от оси отверстия гнезда до оси центрирующего пальца;  $e$  — эксцентриситет быстросменной кондукторной втулки;  $S_B$  — наибольший предельный зазор между втулкой и втулкой-гнездом;  $\varepsilon_{изм}$  — погрешность измерения детали;  $x$  — смещение оси отверстия из-за перекоса оси инструмента относительно оси направляющего отверстия втулки (рис. 50)

$$x = S_{и} \times \left( \frac{l+h}{H} + \frac{1}{2} \right),$$

где  $S_{и}$  — наибольший зазор между инструментом и втулкой;  $H$  — длина направляющей части втулки;  $h$  — высота инструмента;  $l$  — длина отверстия обрабатки.

При использовании постоянных втулок выражение примет вид

$$\delta_{и1} = \delta_{L1d} - \sqrt{\delta_B^2 + \delta_{ЦП}^2 + \varepsilon_n^2 + x^2 + \varepsilon_{изм}^2}.$$

Для размера межцентрового расстояния величина  $\varepsilon_{и2}$  распределяется на две втулки, так как он обеспечивается двумя позициями инструмента

$$\varepsilon_{и2} = \delta_{L2d} - \sqrt{\delta_{L2\Pi}^2 + 2\delta_n^2 + \left(\frac{S_B}{2}\right)^2 + 2e^2 + 2x^2 + \varepsilon_{изм}^2}.$$

Размер отверстия предельно изношенных втулок для размера между осью втулки и фиксирующим элементом кондуктора:

$$d_{изм} = d_{max} + 2\varepsilon_{и1},$$

для размера межцентрового расстояния между втулками

$$d_{2изм} = d_{max} + 2\varepsilon_{и2},$$

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

Для постоянных кондукторных втулок формула примет вид

$$\varepsilon_{и2} = 2\delta_{L2d} - \sqrt{2\delta_{L2\Pi}^2 + 2\varepsilon_n^2 + 2x^2 + \varepsilon_{изм}^2}.$$

Погрешность закрепления не учитывают, если направление приложенных сил зажима совпадает с осью инструмента. В противном случае надо дополнительно рассчитать погрешность закрепления.

### 3.5. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

На точность взаимного расположения обработанных поверхностей в большинстве случаев (60–90%) влияют погрешности, вносимые делительным устройством приспособления, и в меньшей мере погрешности, вносимые методом обработки. По заданной точности деления при обработке детали классифициру-



ют на группы высокой, средней и низкой точности. Детали высокой группы (точность до 0,1 мм) составляют 20 % деталей, требующих угловых и линейных делений. Для них основные детали делительного устройства следует обрабатывать по седьмому качеству. Детали средней точности (0,1–0,3 мм) составляют 38 %. Для них детали делительного устройства должны обрабатываться по восьмому качеству. Детали низкой точности (свыше 0,3 мм) составляют 42 %. Для них детали делительного устройства должны обрабатываться по девятому качеству.

Для обеспечения заданной точности взаимного расположения обработанных поверхностей деталей следует учитывать соотношение радиуса  $R_d$ , координирующего положения обработанных поверхностей деталей, и радиуса  $R_{пр}$ , координирующего положение делительного устройства в приспособлении по общей оси поворота. Приняты два соотношения:  $R_d < R_{пр}$  и  $R_d > R_{пр}$ . Между размерами деталей и приспособлений для их закрепления существует зависимость

$$D_{пр} = \kappa D_d,$$

где  $D_{пр}$  — диаметр планшайбы приспособления;  $D_d$  — наружный диаметр детали;  $\kappa$  — коэффициент.

Приняты два вида закрепления детали. Внутреннее закрепление (рис. 51а), при котором зажимные элементы не выходят за размеры детали, и наружное (рис. 51б), при котором зажимные элементы расположены с внешней стороны детали. Внутреннее закрепление является доминирующим (78 %), наружное применяют при закреплении мелких деталей (22 %), обрабатываемых в приспособлениях с диаметром планшайбы до 320 мм.

Значение коэффициента  $\kappa$  при наружном закреплении деталей приведены в таблице 1.

Приспособления с делительными устройствами в основном применяют при фрезеровании, сверлении и резе при протягивании, растачивании и долблении. Приспособления с делительными устройствами подразделяют на приспособления с вертикальной осью вращения — столы и приспособления с горизонтальной осью вращения — стойки.

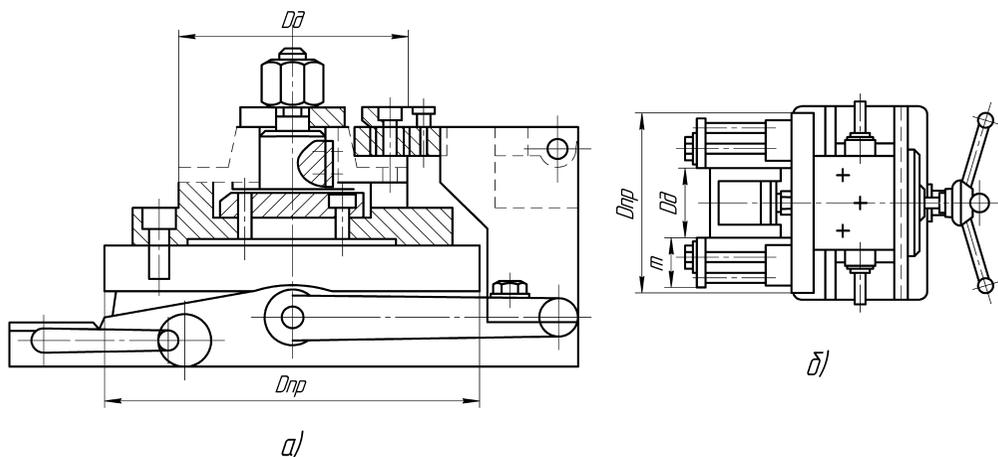


Рис. 51  
Виды закрепления детали

Значение коэффициента  $k$ 

Деталь	Диаметр детали $D$ , мм	Коэффициент $k$
Мелкая	35–55	4,5–7,9
	55–95	2,9–2,1
	95–300	2,1–1,7
Средняя	300–500	1,7–1,3
Крупная	500–700	1,5–1,1

Применяют различные конструкции приспособлений закрепления заготовки 1 с делительными устройствами, но все они имеют два характерных конструктивных элемента: подвижный (прямолинейного перемещения или поворотный) и делительный, обеспечивающий фиксирование подвижного элемента в заданном положении. Устройство, показанное на рисунке 52, представляет собой пару, состоящую из фиксатора 6 и делительного элемента 7. Делительный элемент связан с поворотной частью 4 приспособления, а фиксатор — с неподвижным корпусом 5. На поворотной части приспособления устанавливаются

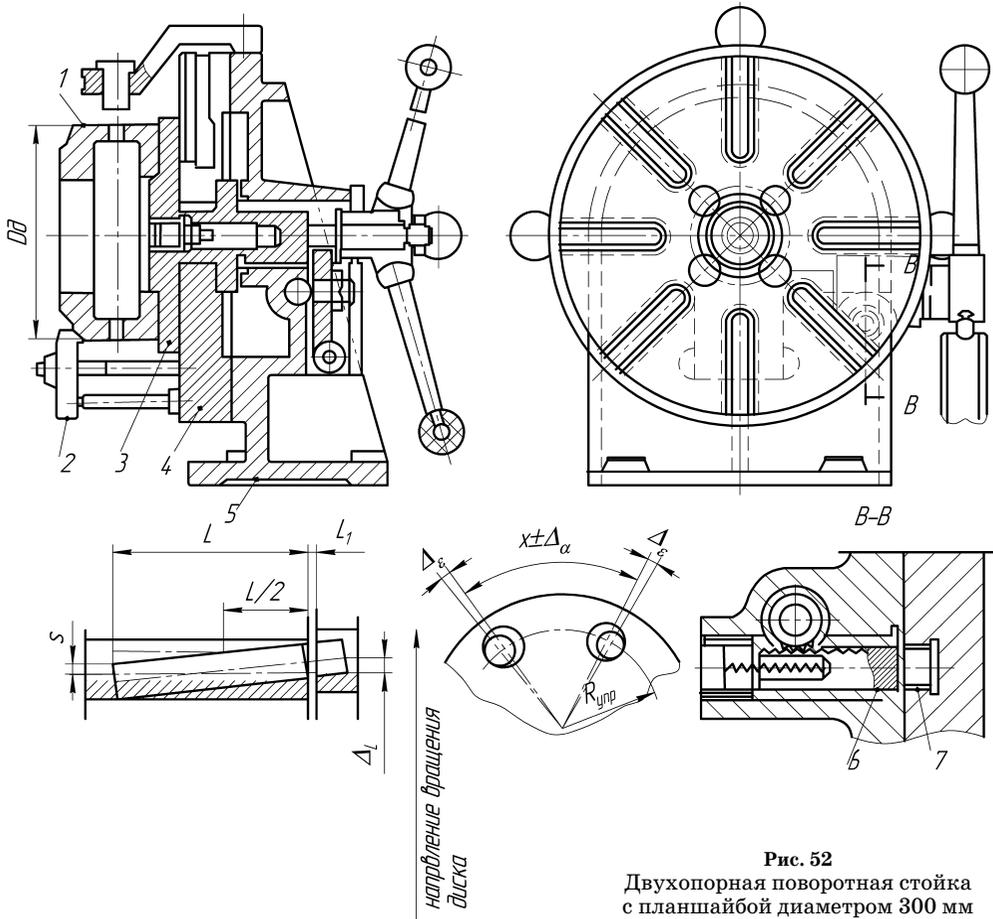


Рис. 52

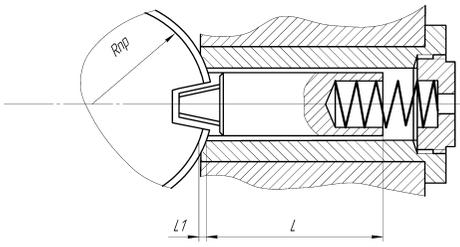
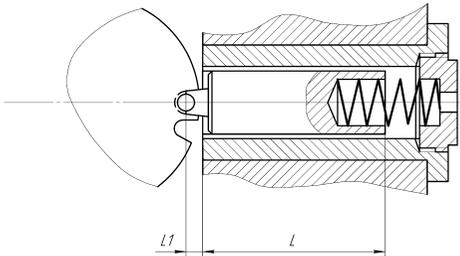
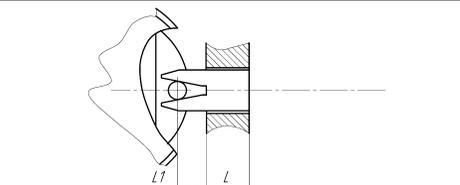
Двухопорная поворотная стойка с планшайбой диаметром 300 мм

базирующие 3 и зажимные 2 элемента. В зависимости от точностных возможностей и конфигурации поверхностей сопряжения фиксатора и делительного диска делительные устройства подразделяют на восемь групп (табл. 2). Точность делительного устройства зависит от зазора между фиксатором и гнездом делительного диска, допуска на межцентровое расстояние гнезд, эксцентриситета между осями корпусной наружной и внутренней поверхностей гнезда — втулки, степени износа сопряженных поверхностей.

Таблица 2

Типы делительных устройств

Фиксатор		Номер группы	Конструктивное исполнение
Направляющая часть	Фиксирующая часть		
цилиндрическая	цилиндрическая одинакового диаметра	1	
	цилиндрическая разного диаметра	2	
	клиновья (односторонняя)	3	
	конусная	4	
	сферическая	5	

Фиксатор		Номер группы	Конструктивное исполнение
Направляющая часть	Фиксирующая часть		
цилиндрическая	клиновья (двусторонняя)	6	
две параллельные плоскости	цилиндрическая	7	
	клиновья (двусторонняя)	8	

Погрешность  $\epsilon_d$  делительного устройства, показанная на схемах 1, 4, 5, равна зазору  $S$ . Погрешность делительных устройств, показанных на схемах 2, 7, 8:

$$\epsilon_d = \frac{S}{L(L + 2L_1)},$$

где  $L$  — длина направляющей части фиксатора;  $L_1$  — длина от торца направляющей втулки фиксатора до периферии делительного диска. Погрешность устройств, показанных на схемах 3, 6:

$$\epsilon_d = \frac{S}{1 + \frac{L_1}{R_{\text{упр}}} + \frac{L}{R_{\text{упр}}}}.$$

Погрешность  $\epsilon_d$  увеличивается при увеличении зазора  $S$  и уменьшается с увеличением длины направляющей части. Длину направляющей части фиксатора принимают равной 2,5 диаметра и более.

Однако увеличение длины  $L$  уменьшает погрешность  $\epsilon_d$ . Погрешность  $\epsilon_\phi$ , обусловленная зазором  $S_1$ , представляет собой смещение оси гнезда делительного диска. Эта погрешность равна зазору  $S_1$  и имеет место в устройствах, показанных на схемах 1, 2, 3.

Погрешность  $\Delta\alpha$ , обусловленная неточностью взаимного расположения отверстий в делительном диске, зависит от метода обработки. Обработку этих отверстий в большинстве случаев выполняют на координатно-расточных станках с использованием плоских поворотных столов, предельная погрешность угловых перемещений которых 3–4" при диаметре планшайбы 600–800 мм и 8" — при диаметре 200–300 мм.

Точность межосевых расстояний независимо от способа перемещения стола примерно одинакова, однако при диаметре делительных дисков более 2000 мм эта точность оказывается выше на 30–35 % при перемещении стола по прямой, чем при его вращении. Погрешность  $\Delta\varepsilon_c$ , связанная с неточностью изготовления наружной и внутренней поверхностей, зависит также от метода обработки и равна 0,005–0,007 мм. Погрешность  $\varepsilon_n$  устанавливается расчетом исходя из условий обеспечения требуемой точности обработки.

Погрешности  $\varepsilon_a$ ,  $\varepsilon_\phi$ ,  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta_c$ , при проектно-точностном расчете относят к категории случайных, а погрешность  $\varepsilon_n$  — к категории систематических. В этом случае суммарная погрешность делительного устройства

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{\varepsilon_d^2 + \varepsilon_\phi^2 + \Delta_a^2 + \Delta_c^2 + \varepsilon_n}.$$

Когда определяют фактическую точность, известными становятся величина и знак погрешностей  $\Delta\alpha$  и  $\Delta\varepsilon$ , то есть их можно отнести к систематическим погрешностям, и суммарная погрешность

$$\varepsilon_\Delta = \varepsilon_n + \Delta_a + \Delta_c + \sqrt{\varepsilon_d^2 + \varepsilon_\phi^2}.$$

Формула применима к устройствам, выполненным по схемам 1 и 2. Для устройства, показанного на схеме 3,

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{\varepsilon_d^2 + \varepsilon_\phi^2 + \Delta_a^2} + \varepsilon_n,$$

для устройства по схеме 5

$$\varepsilon_\Delta = 1,1\sqrt{\varepsilon_d^2 + \Delta_a^2} + \varepsilon_n,$$

для устройств по схемам 6, 7, 8

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{\varepsilon_d^2 + \Delta_a^2 + \Delta_c^2} + \varepsilon_n.$$

Для расчетов, связанных с определением зазоров  $S$  и  $S_1$ , при проектировании делительных приспособлений следует пользоваться номограммой, приведенной на рисунке 53.

Правая часть номограммы позволяет в зависимости от размера  $D_d$  и вида закрепления детали определить  $D_{пр}$  планшайбы и размер  $R_{пр}$ , координирующий положение его делительного устройства. Левая часть номограммы позволяет в зависимости от заданного чертежом допуска на деталь  $\delta$  определить  $\varepsilon_d$ , выбрать схему конструктивного исполнения делительного устройства и зазор  $S$  в зависимости от соотношения координирующих размеров детали  $R_d$  и приспособления  $R_{пр}$ .

Рассмотрим пример расчета приспособления, показанного на рисунке 52. В заготовке 1 диаметром  $D=500$  мм сверлят, зенкеруют и развертывают шесть отверстий диаметром  $4H$ , расположенных по окружности радиусом 230 мм.



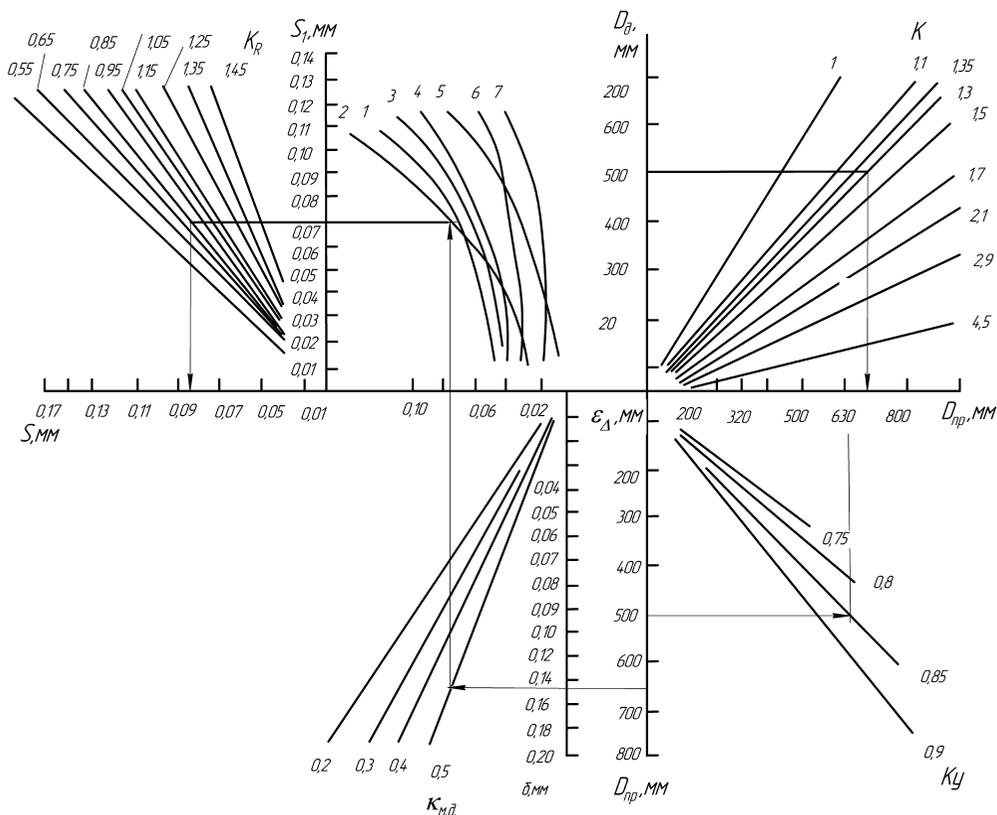


Рис. 53  
Номограмма для расчета точности делительных устройств

Допуск на смещение осей отверстия относительно номинального положения 0,15 мм. Закрепление детали в приспособлении наружное. На шкале размеров деталей в верхнем правом углу находим точку, соответствующую диаметру 500 мм, а в таблице 1 находим соответствующий диаметру детали коэффициент  $k=1,3$ . Из точки, соответствующей диаметру детали, проводим прямую до пересечения с лучом  $k=1,3$ ; из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс, на которой прочтем значение диаметра планшайбы. Это значение округляем до ближайшего значения диаметра планшайб по ряду предпочтительных чисел. Из точки, характерной найденному диаметру (в данном случае 630 мм), опускаем перпендикуляр до встречи с прямой коэффициента  $k_y=0,85$  и на шкале координат размеров находим размер, определяющий положение устройства относительно оси поворота (табл. 3).

Таблица 3

Значение коэффициента  $k_y$

Диаметр планшайбы $D_{пр}$ , мм	Коэффициент $k_y$
160, 200, 250	0,75
320, 400	0,80
500, 630, 800	0,85
1000, 1250	0,90

Затем из точки, соответствующей допуску 0,15 мм, проводим прямую до пересечения с лучом  $k_{м.д}=0,5$ . В зависимости от вида обработки коэффициент  $k_{м.д}$  имеет значение: при сверле-



нии — 0,5, протягивании — 0,4, растачивании — 0,3, фрезеровании — 0,2. Из точки пересечения проводим прямую до параболы 2, соответствующую конструктивному исполнению по схеме 2 таблицы 2.

Определяем коэффициент  $K_R$  (табл. 4), выражающий соотношение координатных размеров детали  $R_d$  и приспособления  $R_{пр}$ . Это значение округляем до ближайшего значения коэффициента  $K_R$ .

Таблица 4

Значение коэффициента  $K_R$

Размер детали, мм	Диаметр планшайбы $D_{пр}$ , мм	Коэффициент $K_R$ при внутреннем закреплении	Коэффициент $K_R$ при наружном закреплении
До 500	160, 200, 250, 320, 400, 500	1,05–1,45	0,55–1,0
Свыше 500	630, 800	1,05–1,25	0,55–1,0

От параболы проводим прямую до пересечения с лучом  $K_R=0,85$ , а из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс, на которой прочтем значение суммарного зазора. В связи с тем, что диаметр направляющей и фиксирующих частей цилиндрического фиксатора обычно близки по своим номинальным значениям, суммарный зазор распределяется равными частями между сопряженными поверхностями. По зазорам выбирают посадки и допуски на изготовление деталей делительного устройства. Зазор  $S$ :

$$S = 0,71 \frac{L}{L + 2L_1} \sqrt{\delta_1^2 - \Delta_a^2 - \Delta_c^2};$$

$$S_1 = 0,71 \sqrt{\delta_1^2 - \Delta_a^2 - \Delta_c^2}.$$

В этих формулах  $\delta_1$  — часть допуска на детали, приходящаяся на делительное устройство.



## ВЫБОР ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ И РАСЧЕТ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

### 4.1. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

**О**пределение необходимых сил закрепления деталей в приспособлении не представляет особой сложности, однако при любом расчете, особенно в случае, когда необходимо учитывать силы трения, требуется тщательная подготовка расчетной схемы. На схеме должны быть точно отмечены точки приложения всех сил, действующих в системе: приспособление – деталь – инструмент, и направления их действия.

Составить такую схему не всегда просто. Величина и направление сил, действующих на обрабатываемую деталь, зависят от многих факторов: характера операции, выбранной схемы установки детали в приспособлении, способа закрепления детали, от упругих свойств материалов тел, входящих в систему станок – приспособление – инструмент.

Во многих случаях для точного решения этой задачи потребовалось бы составление сложных дифференциальных уравнений движения. Однако известно, что многие задачи динамики с достаточной степенью точности можно решить на основании известных из механики относительно простых законов статики о равновесии тел, находящихся под действием внешних приложенных сил, включая и силы инерции движущих сил.

Таким образом, можно предложить следующую методику определения сил закрепления.

1. Разработать теоретическую схему базирования детали и реализовать ее с помощью установочных элементов приспособления, наметить положение и тип опор.

2. Приложить к детали все действующие на нее силы и моменты в самый неблагоприятный момент времени и отметить их направление стрелками. В качестве таких сил учитывают: силы и моменты резания (активные силы), которые заменяют действие режущего инструмента; силы закрепления, которые должны быть направлены нормально к установочным поверхностям опор; силы трения, возникающие в точках приложения сил закрепле-

ния и в местах контакта базовых поверхностей детали и опор. Направление действия сил трения должно быть противоположным направлению действия активных сил, реакции опор в местах контакта базовых поверхностей детали и опор.

3. Определить предполагаемые перемещения заготовки под действием всех приложенных к ней сил и составить уравнения статики на эти перемещения. Определить искомые величины сил закрепления. При этом в уравнениях статики силы и моменты резания умножаются на коэффициент надежности закрепления (коэффициент запаса), необходимость которого вызывается неизбежными их колебаниями в процессе обработки. Максимальную силу закрепления сравнить с силой, которую обеспечивает выбранное зажимное устройство. Величина коэффициента надежности может быть с достаточной степенью точности определена только путем пробной обработки детали. Для предварительных расчетов можно пользоваться коэффициентом надежности, который определяется по формуле

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

где  $K_0 = 1,5$  — гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовке ( $K_1 = 1,0 \dots 1,2$ );  $K_2$  — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления инструмента ( $K_2 = 1,0 \dots 1,9$ );  $K_3$  — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при обработке прерывистых поверхностей ( $K_3 = 1,0 \dots 1,2$ );  $K_4$  — коэффициент, учитывающий непостоянство силы, развиваемой приводом приспособления ( $K_4 = 1,0 \dots 1,3$ );  $K_5$  — коэффициент, учитывающий степень удобства расположения рукояток в ручных зажимных устройствах ( $K_5 = 1,0 \dots 1,2$ );  $K_6$  — коэффициент, учитывающий неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорным элементом, имеющим большую опорную поверхность (учитывается только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку) ( $K_6 = 1,0 \dots 1,2$ ). Кроме величины  $K$  при расчете силы закрепления учитывается коэффициент трения  $f$  ( $f = 0,1 \dots 0,7$ ), который выбирается в зависимости от характера контактируемых поверхностей и служит для расчета сил трения.

## 4.2. ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ

Рассмотрим основные варианты расчетных схем (рис. 54).

**1-й вариант.** Сила закрепления  $Q$ , приложенная к обрабатываемой заготовке  $I$ , и сила резания  $P$  одинаково направлены и прижимают заготовку к опоре  $2$  приспособления (рис. 54а). В этом случае требуется минимальная сила закрепления  $Q_{\min}$ .

**2-й вариант.** Сила закрепления  $Q$  и сила резания  $P$  действуют на обрабатываемую заготовку  $I$  в противоположных направлениях (рис. 54б). В этом случае требуемая сила закрепления

$$Q = KP.$$

**3-й вариант.** Сила закрепления  $Q$  и сила резания  $P$  действуют на обрабатываемую заготовку во взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 54в). Силе резания  $P$  противодействуют силы трения между нижней базовой плоскостью



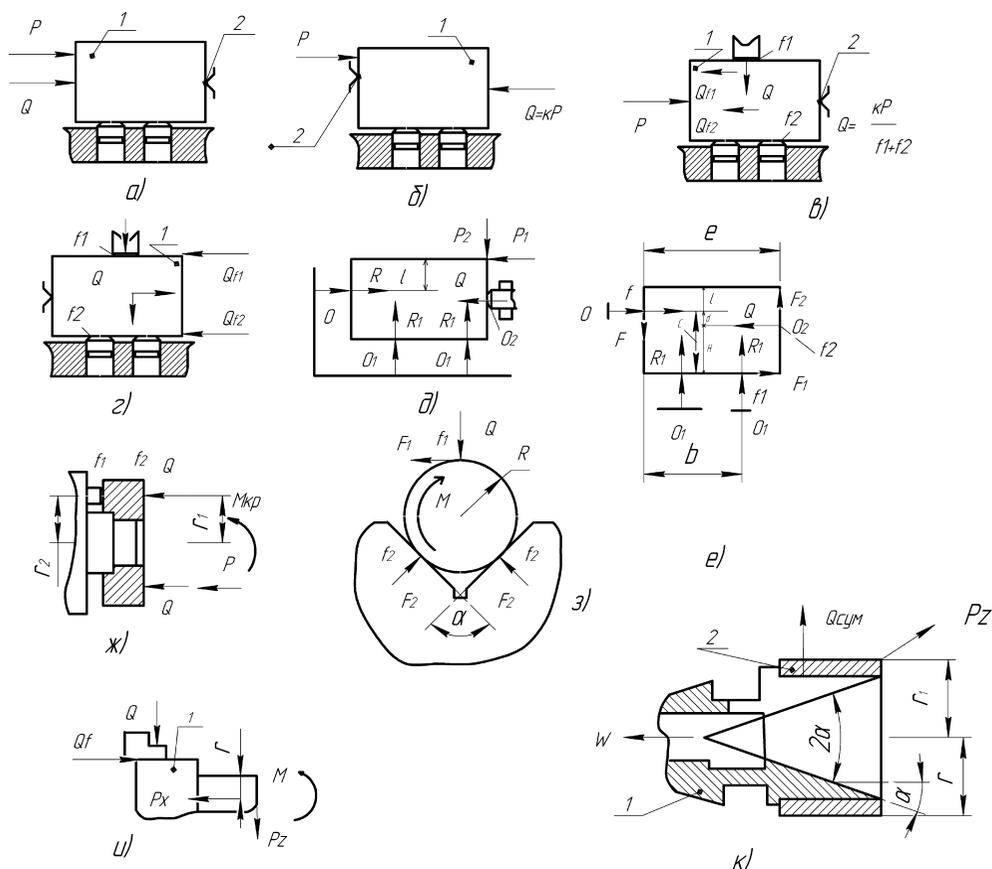


Рис. 54  
Основные схемы для расчета сил закрепления

заготовки и опорными штырями приспособления и между верхней плоскостью заготовки и зажимными элементами. При этом требуемая сила закрепления находится из следующего равенства:

$$Qf_1 + Qf_2 = KP,$$

откуда

$$Q = \frac{KP}{f_1 + f_2},$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — коэффициенты трения между поверхностями заготовки и установочными зажимными элементами приспособления (при  $f_1 = f_2 = 0,1$  сила закрепления  $Q = 5KP$ ).

**4-й вариант.** Сила закрепления прижимает заготовку к опорам (рис. 54з). При этом одна сила резания  $P_1$  имеет одно направление с силой закрепления и прижимает заготовку к нижним опорам, а вторая сила резания  $P_2$  действует в направлении, перпендикулярном силе закрепления.

Смещению заготовки в приспособлении препятствуют силы трения, возникающие на плоскостях контакта детали с установочными и зажимными эле-

ментами приспособления. В данном случае величину силы закрепления определяют из соотношения

$$P_2 < (Q + P_1)f_2 + Qf_2,$$

а с учетом коэффициента запаса  $K > 1$  получаем

$$Q = \frac{KP_2 - P_1f_2}{f_1 + f_2}.$$

**5-й вариант.** В этом случае обрабатываемая заготовка закрепляется горизонтально действующей силой закрепления  $Q$  (рис. 54е). Расстояние между силой закрепления и силой реакции от бокового упора выбирают таким, чтобы обрабатываемая заготовка была надежно прижата к установочным опорам приспособления. На заготовку, закрепленную в приспособлении, действуют сила закрепления  $Q$ , силы реакции  $R_1$  и  $R$  от установочных и зажимных опор и силы трения  $F$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  между поверхностями детали, установочными и зажимными элементами приспособления.

Приравнивая сумму моментов всех сил относительно точки  $O$  к нулю, найдем силу закрепления

$$Q = \frac{R_1(b + f_1c)}{d - f_2e}.$$

**6-й вариант.** При обработке заготовки фрезой на нее действуют силы резания  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 54д, е). Величину силы закрепления с учетом сил резания найдем, приравнивая сумму моментов всех сил относительно точки  $O$  к нулю:

$$Q_a + Qf_2l - KP_2e - KP_1l = 0,$$

откуда

$$Q = \frac{K(P_2e + P_1l)}{a + f_2l}.$$

**7-й вариант.** Обрабатываемую заготовку устанавливают выточкой на центрирующий жесткий палец приспособления и левой плоскостью прижимают к трем опорным штырям несколькими прихватами (рис. 54ж). При обработке на заготовку действуют крутящий момент  $M_{кр}$  и осевая сила  $P$ . Заготовка удерживается от смещения силами трения, возникающими между ее поверхностями и поверхностями установочных и зажимных элементов приспособления. В этом случае силу закрепления  $Q$  определяют из равенства

$$KM_{кр} = f_1Qr_2 + f_2Qr_1 + f_2Pr_1,$$

откуда

$$Q = \frac{KM_{кр} - f_2Pr_1}{f_1r_2 + f_2r_1}.$$

При той же установке, но небольшой тангенциальной жесткости зажима силы трения между деталью и штырями не учитываются

$$KM_{кр} = f_2Qr_1 + f_2Pr_1,$$

откуда

$$Q = \frac{KM_{кр} - f_2Pr_1}{f_2r_1}.$$

**8-й вариант.** Обрабатываемая деталь установлена наружной цилиндрической поверхностью в призме с углом  $\alpha=90^\circ$  и закреплена силой  $Q$  (см. рис. 54з). Повороту детали вокруг ее оси противодействуют силы трения, возникающие на поверхностях контакта детали с установочными и зажимными элементами приспособления. Без учета трения на торце детали

$$KM = Qf_1r + Qf_2r \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right),$$

откуда

$$Q = \frac{KM}{f_1r + \frac{f_2r}{\sin(\alpha/2)}}.$$

**9-й вариант.** При действии двух сил резания  $P_z$  и  $P_x$  на заготовку 1, закрепленную в трехкулачковом патроне станка (рис. 54u), сила резания  $P_z$  создает момент

$$M_{\text{рез}} = P_z r_1.$$

Он стремится повернуть заготовку вокруг ее оси, а сила  $P_x$  стремится переместить заготовку вдоль ее оси.

Суммарная сила закрепления заготовки тремя кулачками патрона находится из равенства

$$Q_{\text{сум}}fr = KM_{\text{рез}} = KP_zr_1,$$

откуда

$$Q_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{рез}1}}{fr} = \frac{KP_zr}{fr},$$

тогда

$$Q = \frac{Q_{\text{сум}}}{z},$$

где  $Q$  — сила закрепления заготовки одним кулачком патрона, Н;  $r$  — радиус обрабатываемой части заготовки, зажатой кулачками, мм;  $r_1$  — радиус обрабатываемой заготовки, мм;  $f$  — коэффициент трения между поверхностями заготовки и кулачка (зависит от вида поверхности кулачков);  $z$  — число кулачков патрона;  $M_{\text{рез}}$  — момент от силы резания  $P_z$ .

Величину  $Q$  проверяют на возможность продольного сдвига заготовки силой  $P_x$  по формуле

$$Q_{\text{сум}} \times f > K \times P_x,$$

откуда

$$Q_{\text{сум}} \geq \frac{KP_x}{f}.$$

**10-й вариант.** При действии силы резания  $P_z$  на обрабатываемую заготовку втулки 2, зажатую в цанговой оправке 1 (рис. 54к), сила  $P_z$  создает момент резания  $M_{\text{рез}}$ , которому противодействует момент от силы трения  $M_{\text{тр}}$  между установочной поверхностью цанги и заготовкой. Момент от силы трения

$$M_{\text{тр}} = Q_{\text{сум}}fr,$$

где  $f$  — коэффициент трения между заготовкой и цангой.



Суммарная сила закрепления  $Q_{\text{сум}}$  обрабатываемой заготовки всеми лепестками цанги находится из уравнения

$$Q_{\text{сум}} fr = KM_{\text{рез}} = KP_2 r_1,$$

откуда

$$Q_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{рез}}}{fr} = \frac{KP_2 r_1}{fr}.$$

Фактические силы закрепления детали, создаваемые зажимными механизмами, должны равняться расчетным силам закрепления или быть несколько больше их. Величина фактических сил закрепления детали зависит от величины исходной силы  $W$  привода, передаточного отношения между фактической силой закрепления  $Q_{\text{ф}}$  детали и исходной силой  $W$  для конкретного зажимного устройства приспособления. Зависимость между силами  $W$  и  $Q_{\text{ф}}$  определяется равенством

$$Q_{\text{ф}} = Wi_c,$$

откуда

$$i_c = \frac{Q_{\text{ф}}}{W},$$

где  $i_c$  — передаточное отношение между силами;  $W$  — исходная сила, развиваемая рабочим или механизированным приводом, Н;  $Q_{\text{ф}}$  — фактическая сила закрепления обрабатываемой заготовки, Н.

## 4.3. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА, ИХ КОНСТРУКЦИЯ, РАСЧЕТ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

### 4.3.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ

Зажимные устройства приспособлений служат для закрепления и раскрепления деталей, обрабатываемых на станках. Эти устройства не должны изменять положения детали в приспособлениях при ее закреплении и не допускать ее смещение при обработке на станке.

Зажимные устройства приспособлений разделяются на простые (элементарные) и комбинированные, то есть состоящие из нескольких простых. Простые зажимные устройства (зажимы) состоят из одного элементарного зажима. Они бывают клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные и т. д. Комбинированные зажимные устройства состоят из нескольких простых устройств, соединенных вместе (винто-эксцентрико-рычажные и др.)

В зависимости от числа ведомых звеньев зажимные устройства разделяют на одно- и многозвенные. Любое зажимное устройство приспособления включает в себя ведущее звено, на которое действует исходная сила привода, и несколько ведомых звеньев, кулачков или прихватов, непосредственно закрепляющих детали.

Многозвенные зажимные устройства закрепляют одну деталь одновременно в нескольких местах или несколько деталей одновременно в многоместном приспособлении.



В зависимости от источника силы, требуемой для закрепления детали, зажимные устройства разделяются на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные зажимные устройства приводит в действие непосредственно рабочий за счет мускульной силы. Механизированные зажимные устройства работают от пневматического, гидравлического или другого привода. Автоматизированные зажимные устройства перемещаются от движущихся узлов станка, шпинделя, суппорта или патронов с кулачками, на которые действуют центробежные силы вращающихся грузов патрона. При этом закрепление и раскрепление детали производятся без участия рабочего.

#### 4.3.2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЖИМНЫМ УСТРОЙСТВАМ

К зажимным устройствам предъявляются следующие требования.

1. При закреплении не должно нарушаться положение заготовки, достигаемое при базировании. Это осуществляется рациональным выбором направления и точки приложения силы закрепления.

2. Зажим не должен вызывать деформаций закрепляемых в приспособлении заготовок и прачи (смятия) их поверхностей.

3. Сила закрепления должна быть минимально необходимой, но достаточной для обеспечения надежного положения заготовки в процессе обработки достигнутой при базировании.

4. Закрепление и раскрепление заготовки необходимо производить с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 160 Н.

5. Зажимные устройства не должны по возможности воспринимать силы резания.

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

#### 4.3.3. ЭЛЕМЕНТЫ ВИНТОВЫХ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ

Широкое распространение винтовых устройств объясняется их сравнительной простотой, универсальностью и безотказностью в работе. Однако простейший зажим в виде индивидуального винта, действующего на деталь непосредственно, вызывает деформацию поверхности детали в точке контакта и может вызвать ее поворот, что приведет к поломке инструмента.

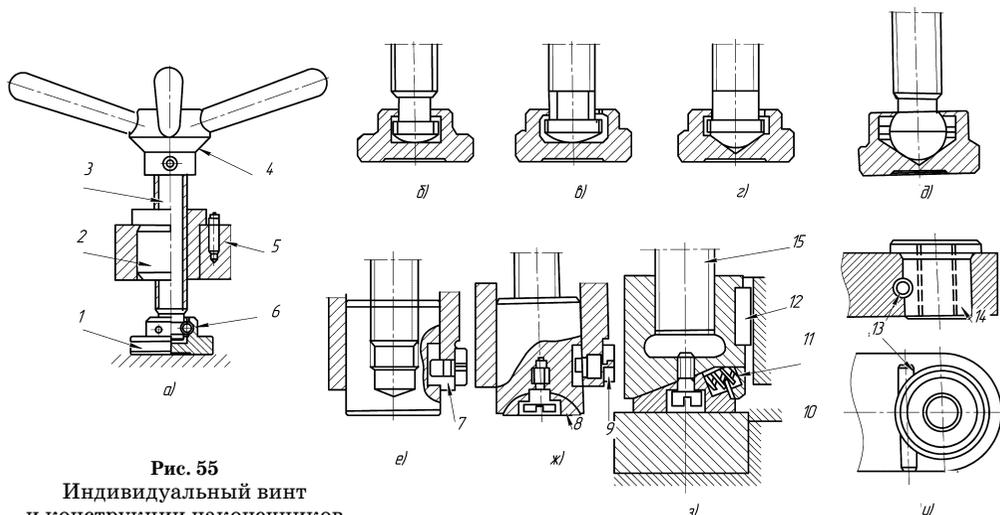
Правильно сконструированный простейший винтовой зажим, кроме винта 3 (рис. 55а), должен состоять из направляющей резьбовой втулки 2 со стопором 5, предотвращающим произвольное ее вывинчивание, наконечника 1 и гайки с рукояткой или головкой 4. Втулка выполняется с шестигранным, квадратным или круглым буртиком с двумя скосами для завинчивания ее в корпус приспособления. При износе эту втулку легко заменить. Наконечник предназначен для увеличения поверхности соприкосновения зажима с обрабатываемой деталью, в результате чего значительно уменьшается давление на деталь, а следовательно, и деформация детали. Кроме этого, наконечник, перемещаясь только поступательно, исключает возникновение момента трения в месте соприкосновения с деталью и тем самым не нарушает положение детали, опре-



делившееся опорными элементами. Удерживается наконечник на шейке винта с помощью двух штифтов *б*, которые запрессованы в наконечник и свободно помещены в проточке винта, что позволяет ему самоустанавливаться на детали в случаях, когда поверхность детали не перпендикулярна оси винта *з*.

Конструкции наконечников (рис. 55*б-д*) отличаются от конструкции, изображенной на рисунке 55*а*, большей прочностью конца винта, так как диаметр шейки винта для них может быть принят равным внутреннему диаметру резьбовой части винта, а для наконечников (рис. 55*в, г*) этот диаметр может быть равен наружному диаметру винта. Наконечники (рис. 55*б, г*) навинчиваются на резьбовой конец винта, и так же как наконечник, показанный на рисунке 55*а*, могут свободно самоустанавливаться на обрабатываемой детали. Наконечник (рис. 55*д*) свободно надевается на сферический конец винта и удерживается на нем с помощью специальной гайки.

Наконечники (рис. 55*е-з*) отличаются от предыдущих тем, что они точно направляются с помощью отверстий в корпусе приспособления (или во втулке, запрессованной в корпус) и навинчиваются непосредственно на винт *15*, который в данном случае застопорен, чтобы предотвратить его осевые перемещения (он только вращается). Для обеспечения надежного закрепления обрабатываемой детали при обычном вращении винта по направлению часовой стрелки (если смотреть на винт со стороны его рукоятки) резьба на нем должна быть левой. Конструкции, показанные на рисунке 55*е, з*, предназначены для закрепления деталей по обработанной плоскости. Конструкция, изображенная на рисунке 55*ж*, может быть использована и при необработанной плоскости детали вследствие того, что в этой конструкции предусмотрена качающаяся пята *8*. Винты *7* и *9* и шпонка *12* предохраняют наконечники от проворачивания. Клин *10* позволяет закреплять обрабатываемую деталь в двух направлениях: в направлении оси винта и в направлении, перпендикулярном к этой оси. Это обеспечивается тем, что сила *N*, действующая на клин со стороны наконечника, направлена перпендикулярно к наклонной поверхности клина и раскладывается на две составляю-



**Рис. 55**  
Индивидуальный винт  
и конструкции наконечников

щие. Первая составляющая создает на поверхности соприкосновения клина с обрабатываемой деталью силу закрепления, а вторая сдвигает клин вместе с деталью, преодолевая при этом сопротивление пружины 11, которая возвращает клин в исходное положение в момент раскрепления обрабатываемой детали.

Жесткие, точно направленные наконечники (см. рис. 55е-з) рекомендуется применять в случаях, когда в процессе обработки возникают силы, сдвигающие обрабатываемую деталь в направлении, перпендикулярном к оси винта. Качающиеся наконечники (рис. 55а-д) следует применять в случаях, когда такие силы не возникают.

Винты и наконечники при изготовлении необходимо подвергать термической обработке, обеспечивающей твердость этим деталям в пределах HRC 35...40.

Направляющая резьбовая втулка 2, показанная на рисунке 55а, надежна и удобна, так как позволяет размещать ее в любом корпусе на любом расстоянии от края корпуса. Менее удобна втулка 14 с гладкой наружной поверхностью (рис. 55и), которая запрессовывается в корпус по переходной посадке и дополнительно удерживается от проворачивания штифтом 13. Такую втулку для предотвращения поломки корпуса при ее запрессовке можно устанавливать на определенном расстоянии от краев корпуса и только там, где можно обрабатывать отверстие для стопорного штифта.

Направляющие втулки изготовляют из углеродистой конструкционной стали марок 35 или 45 обычно без закалки (твердость HB 300...350). Применение сменных втулок обусловлено тем, что нарезать резьбу для винта непосредственно в корпусе приспособления нецелесообразно, так как корпус обычно изготовляют из чугуна и резьба в нем быстро изнашивается. При изношенной резьбе требуется значительное увеличение силы для надежного закрепления детали, так как изношенный зажим легко ослабевает под действием вибраций, возникающих от сил резания. Чтобы не менять весь корпус приспособления при износе резьбы, пришлось бы вставлять в корпус резьбовую втулку уже в процессе эксплуатации приспособления, что гораздо труднее выполнить, чем при изготовлении корпуса.

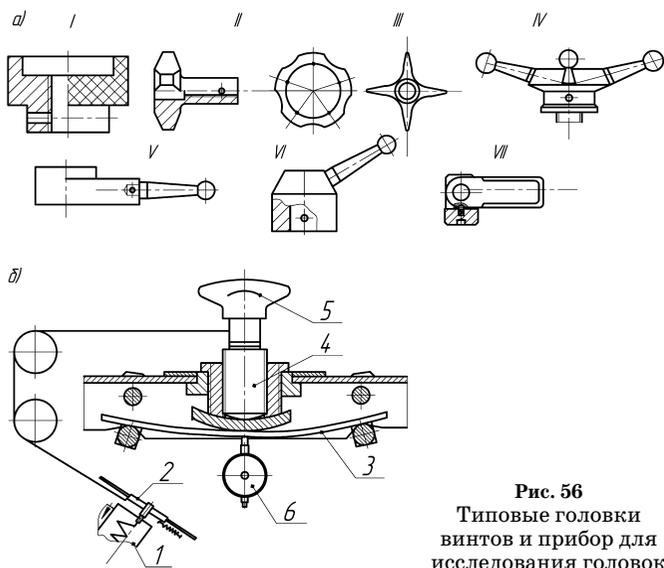


Рис. 56  
Типовые головки винтов и прибор для исследования головок

Рукоятки для управления винтом выполняют в виде съемных головок различной конструкции (рис. 56) и помещают на резьбовой, граненый или цилиндрический со шпонкой конец винта, на котором стопорятся обычно с помощью штифта.



Цилиндрическая головка *I* (см. рис. 56а) с накаткой «барашек», головка-звездочка *II* и четырехлопастная головка *III* используются при управлении винтом одной рукой и при силе, прикладываемой к ним в пределах 50–100 Н.

Управление винтом двумя руками допускают:

- головка-гайка *VI* с жестко закрепленной в ней короткой наклонной рукояткой;
- головка *VII* с откидной рукояткой, рабочее положение которой фиксируется подпружиненным шариком;
- головка *V* с цилиндрическим шпоночным отверстием, также жестко закрепленным горизонтальной рукояткой;
- штурвальная головка *IV* с четырьмя ввинченными или запрессованными рукоятками (аналогичная головка использована в конструкции зажима, показанного на рисунке 55а).

Наиболее надежна и удобна в работе головка *IV*. При повороте такой головки рывком незатянутый винт несколько раз поворачивается по инерции, что способствует увеличению хода винта без затраты сил и времени. Для удобства управления такой головкой и для увеличения ее массы, способствующей увеличению инерционного хода головки, на концы ее рукояток иногда надевают стальные или пластмассовые шары. Утомляемость рабочего при использовании головок того или другого типа может быть исследована на специальном приборе, одна из схем которого показана на рисунке 56б. С помощью исследуемой головки 5 (головка типа *II*) на винте 4 многократным двухсторонним ее поворотом создается нагрузка на упругую пластину 3. Стрелка прогиба пластины регистрируется с помощью индикатора 6 через определенные промежутки времени. Одновременно самопишущим прибором 2 на барабане 1 записывается угол поворота винта 4. По изменению во времени величины стрелы прогиба пластины 3 и по степени затухания кривой на барабане, свидетельствующем об уменьшении угла поворота винта, можно судить об утомляемости рабочего.

С помощью таких приборов было установлено:

- менее всего рабочий устает (при горизонтальном расположении головки) на правой стороне (работающий левой рукой — на левой) приспособления;
- больше всего — при таком же положении головки на передней, обращенной к рабочему стенке приспособления.

В практике встречаются случаи, когда головка (особенно штурвальная) мешает выполнению операции обработки детали: например, когда головка расположена недалеко от оси отверстия, которое требуется расточить многолезвийным инструментом, или когда головку целесообразно расположить внутри приспособления. В этих случаях приходится отказываться от съемных и удобных головок и пользоваться гаечными ключами и гайками (или винтами с увеличенной высотой головки). Несколько большие удобства создают высокие гайки, которые навинчиваются на неподвижный болт и стопорятся на нем, заменяя головку. Удобны гайки с буртиком, особенно в случаях, когда болт помещается в овальное отверстие или в продольный паз планки. Буртик гайки в этом случае выполняет функцию шайбы. Увеличенная высота головки винта или гайки уменьшает их изнашиваемость и обеспечивает более надежное положение ключа при выполнении закрепления.

Ключи рекомендуется применять только торцовые с шестигранным или квадратным отверстием как более удобные в работе. На торце отверстия винта, охва-



тывающего конец ключа, или на торце отверстия ключа, охватывающего головку винта, необходимо делать коническую фаску для того, чтобы кромка отверстия не забивалась и не мешала надевать ключ на гайку или на головку винта.

Материалом для ключей может служить малоуглеродистая сталь марок 10 или 20 с цементацией и закалкой рабочей части ключа до твердости HRC 50...55 или высокоуглеродистая сталь с содержанием углерода 0,6–0,7% с закалкой рабочей части ключа до той же твердости. Зазоры, с которыми ключ надевается на гайку, стандартизованы.

Основными недостатками резьбовых зажимов являются громоздкость, недостаточная быстрота действия, непостоянство силы закрепления и быстрая утомляемость рабочего.

#### 4.3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ, РАЗВИВАЕМОЙ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Закрепление осуществляется гайкой* (рис. 57, Г). В этом случае при завинчивании гайки момент силы, приложенной к гаечному ключу (или к рукоятке головки), расходуется на преодоление момента  $M_2$  силы трения в резьбовом соединении гайки с винтом и момента  $M_3$  силы трения на опорной поверхности гайки. Момент завинчивания гайки определится по формуле

$$M_1 = Pl, \quad (2)$$

где  $P$  — сила, приложенная к гаечному ключу;  $l$  — расчетная длина ключа (рукоятки).

Момент силы трения в резьбовом соединении определится из выражения

$$M_2 = Q \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho'), \quad (3)$$

где  $Q$  — осевая сила (сила закрепления);  $d_{cp}$  — средний диаметр резьбы;  $\lambda$  — угол подъема винтовой линии резьбы;  $\rho' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha}$  — приведенный угол трения в резьбе ( $f$  — коэффициент трения и  $\alpha$  — угол профиля резьбы).

Момент силы трения на опорной поверхности гайки

$$M_3 = \frac{f_1}{3_1} \frac{(D^3 - D_0^3)}{(D^2 - D_0^2)}, \quad (4)$$

где  $f$  — коэффициент трения на опорной поверхности гайки (можно принимать  $f_1 = f$ );  $D$  — наибольший диаметр опорной поверхности гайки;  $D_0$  — диаметр отверстия для болта в шайбе.

Из условия равновесия системы деталей можно составить уравнение моментов:

$$M_1 = M_2 + M_3.$$

Подставляя значения в уравнение из выражений (2), (3) и (4), получим

$$Pl = Q \left[ \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho') + \frac{f_1}{3} \frac{(D^3 - D_0^3)}{(D^2 - D_0^2)} \right], \quad (5)$$



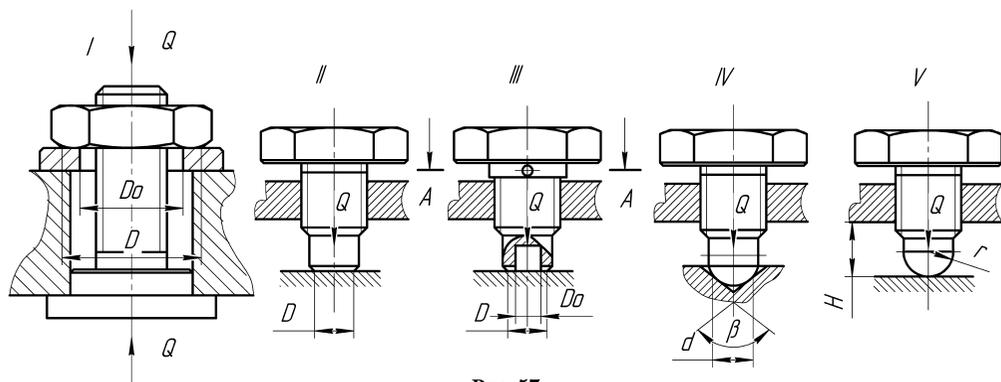


Рис. 57  
Схемы для расчета винтов

отсюда, если принять  $\frac{D}{D_0} = K$  и  $\frac{k^3 - 1}{3(k^2 - 1)} = \psi$ , получим

$$Q = \frac{Pl}{r_{cp} \operatorname{tg}(\lambda + \rho') + f\psi D_0}, \quad (6)$$

где  $r_{cp} = \frac{d_{cp}}{2}$ .

Если вместо шайбы под гайкой поместить упорный шарикоподшипник, то в формуле (5) второй член в квадратных скобках можно принять равным нулю. Тогда расчетная формула примет вид

$$Q = \frac{Pl}{r_{cp} \operatorname{tg}(\lambda + \rho')}. \quad (7)$$

*Закрепление осуществляется торцевой частью винта.* В этом случае величина силы закрепления зависит от формы торца винта и от формы поверхности, на которую опирается винт. Для винтов типа II в формуле (5) изменяется второе слагаемое в квадратных скобках, так как в этом случае  $D_0 = 0$  и расчетная формула принимает следующий вид:

$$Q = \frac{Pl}{r_{cp} \operatorname{tg}(\lambda + \rho') - f \frac{D}{3}}. \quad (8)$$

Для винтов типа III используется формула (6). Для винтов типа IV с закругленным торцом радиуса  $r$ , опирающихся на окружность диаметром  $d$  конусного углубления с углом  $\beta$ ,

$$Q = \frac{Pl}{r_{cp} \operatorname{tg}(\lambda + \rho') + rf \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}. \quad (9)$$

Для винтов типа V используется формула (7).

При проектировании зажимных винтов типов II и III целесообразно проверить их торцы по напряжениям смятия, пользуясь формулой

$$\sigma_{см} = \frac{Q}{F_{см}} \leq [\sigma_{см}],$$

в которой для торца винта типа *II* площадь смятия  $F_{см} = \frac{\pi D^2}{4}$ , а для торца винта типа *III* —  $F_{см} = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4}$ . Торцы винтов типов *IV* и *V* целесообразно проверить по контактным напряжениям, так как контакт первого с планкой или с обрабатываемой деталью происходит по окружности, а второго — в точке. Для этого воспользуемся формулой

$$\sigma_{кн} = 0,418 \sqrt{q \frac{E_{пр}}{\rho_{пр}}} \leq [\sigma_{кн}], \quad (10)$$

где  $q$  — нагрузка, равная отношению силы  $Q$  к длине линии контакта (для винтов типа *IV*  $q = \frac{Q}{\pi d}$ , для винтов типа *V*  $q = Q$ );  $E_{пр}$  — приведенный модуль упругости материалов контактируемых деталей;  $\rho_{пр}$  — приведенный радиус кривизны контактируемых поверхностей деталей в месте их контакта;  $[\sigma_{кн}]$  — допустимое контактное напряжение.

Приведенный модуль упругости определится из выражения

$$E_{пр} = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2},$$

где  $E_1$  и  $E_2$  соответственно — модули упругости материалов контактируемых деталей. При одинаковых материалах деталей  $E_1 = E_2$ , поэтому

$$E_{пр} = \frac{2E_1^2}{2E_1} = E_1.$$

Так как винты обычно стальные, то  $E_1 = 2,2 \cdot 10^5$  Н/мм<sup>2</sup>. Приведенный радиус кривизны определяется по формуле

$$\rho_{пр} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2},$$

где  $\rho_1$  — радиус кривизны торца винта в месте его контакта с деталью;  $\rho_2$  — радиус кривизны детали в месте контакта ее с винтом. При закреплении плоской детали,  $\rho_2 = \infty$  поэтому, разделив числитель и знаменатель правой части равенства для  $\rho_{пр}$  на  $\rho_2$ , получим

$$\rho_{пр} = \frac{\rho_1}{\frac{\rho_1}{\rho_2} + 1} = \rho_1.$$

Для винтов типов *IV* и *V*  $\rho_{пр} = r$ .

Допускаемое контактное напряжение выбирается в зависимости от предела текучести  $\sigma_T$  материала, менее прочной из контактирующих деталей. С учетом сказанного формула (10) для торца винта типа *IV* приобретает следующий вид:

$$\sigma_{кн} = 0,418 \sqrt{\frac{Q \cdot 2,210^5}{\pi d r}} \approx 248 \sqrt{\frac{Q}{\sin(0,5\beta)}}.$$

Для торца винта типа *V*:

$$\sigma_{кн} = 0,418 \sqrt{\frac{Q \cdot 2,210^5}{\pi d r}} \approx 620 \sqrt{\frac{Q}{r^2}}.$$

Рекомендуется также проверить прочность винта в том месте, где на него навинчена рукоятка (или головка), т. е. в наиболее ослабленном месте. В этом сечении под действием момента  $M_1$  возникают касательные напряжения кручения

$$\tau = \frac{M_1}{W_p}. \quad (11)$$

Величину полярного момента сопротивления  $W_p$  можно определить по формуле

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \approx 0,2 \cdot d^3$$

или из справочников. Посчитанное напряжение  $\tau$  сравнивается с допусаемым, которое также может быть взято из справочников или найдено по приближенной зависимости

$$[\tau] = (0,1 - 0,3)\sigma_T$$

( $\sigma_T$  — предел текучести материала винта при растяжении).

Винты типов *II*, *III* и *IV* на участке *H* испытывают напряжения кручения под действием момента трения на рабочем торце винта и напряжения сжатия под действием силы *W*. Напряжения кручения определяются по формуле (11), в которой для винтов типа *II*  $M_2 = \frac{1}{3}QfD$ . Для винтов типа *III* момент кручения подсчитывается по формуле, подобной формуле (4), а момент сопротивления — по формуле

$$W_p = \frac{\pi D^2(1 - \Delta^4)}{16},$$

где  $\Delta = \frac{D_0}{D}$ .

Для винтов типа *IV*:

$$M_2 = \frac{Qfd}{2\sin\beta} = Qfr \operatorname{ctg}\beta.$$

Напряжения сжатия во всех случаях находятся по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{Q}{F},$$

где *F* — наименьшая площадь поперечного сечения винта на участке *H*.

По найденным значениям  $\tau$  и  $\sigma_{сж}$  находится приведенное напряжение  $\sigma_{пр}$ , которое и сравнивается с допусаемым:

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma_{сж}]. \quad (12)$$

Часть *H* винтов типа *V* не испытывает напряжений кручения и проверяется только по напряжениям сжатия.

#### 4.3.5. ЭЛЕМЕНТЫ КЛИНОВЫХ И ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ

Клиновые зажимные устройства нашли в станочных приспособлениях широкое применение. Основными их элементами являются одно-, двух- и трехскосные клинья. Использование таких элементов обусловлено простотой и ком-



пактностью конструкции, быстротой действия и надежностью в работе, возможностью использования их как в качестве зажимного элемента, действующего непосредственно на закрепляемую деталь, так и в качестве промежуточного звена, например звена-усилителя в других зажимных устройствах. Обычно используются самотормозящиеся клинья. Условие самоторможения односкосного клина 3 (рис. 58а) выражается зависимостью

$$\alpha < 2\beta, \quad (13)$$

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

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

Уменьшение угла  $\alpha$  приводит к усилению самотормозящих свойств клина. Поэтому при конструировании привода к клиновому механизму необходимо предусматривать устройства, облегчающие вывод клина из рабочего состояния, так как освободить нагруженный клин труднее, чем ввести его в рабочее состояние.

Этого можно достичь путем соединения штока приводного механизма с клином (рис. 58а). При движении штока 1 влево он проходит путь  $l$  вхолостую, а затем, ударяясь в штифт 2, запрессованный в клин 3, выталкивает последний. При обратном ходе шток так же с ударом в штифт заталкивает клин в рабочее положение. Это следует учитывать в случаях, когда клиновой механизм приводится в действие пневмо- или гидроприводом.

Тогда для обеспечения надежной работы следует использовать поршни двухстороннего действия.

Это различие при использовании пневмоприводов может быть достигнуто применением редукционного клапана в одной из трубок, подводящих воздух или жидкость к цилиндру. В случаях, когда самоторможение клина не требуется, целесообразно применять ролики на поверхностях контакта клина с сопряженными деталями приспособления (рис. 58б) — тем самым облегчается ввод клина в рабочее положение и вывод в исходное положение. В этих случаях обязательно стопорение клина.

Эксцентриковые зажимные устройства, основными элементами которых являются цилиндрические или криволинейные кулачки и кулачковые валики, распространены также достаточно широко. Закрепление с помощью этих устройств осуществляется значительно быстрее, чем с помощью винтовых. Эксцентриковые зажимы хорошо работают только при незначительных отклонениях размеров поверхностей, по которым базируются обрабатываемые детали, и при отсутствии вибраций деталей в процессе обработки, что ограничивает область их применения.



В приспособлениях обычно применяют эксцентрики в виде кулачков и валиков (рис. 59). Цилиндрический эксцентриковый зажим 1 имеет широкое применение, так как он прост в изготовлении. Недостатками такой конструкции являются малый ход и непостоянство тормозящих свойств. Зажим 2 отличается от зажима 1 наличием среза для увеличения хода при установке и снятии обрабатываемой детали. Расположение среза относительно эксцентриситета выбирается по конструктивным соображениям. Так как при использовании эксцентриков обычно ограничиваются поворотом рукоятки на  $100\text{--}120^\circ$ , то отпадает необходимость в выполнении кулачка по замкнутой окружности. Чаще всего рабочая поверхность эксцентрика ограничивается сектором  $60\text{--}90^\circ$ , остальная же поверхность срезается по форме кулачка 3. Поэтому конструкция кулачка 3 с тормозящим ходом на дуге  $90^\circ$  имеет в практике наибольшее распространение. Такой кулачок особенно целесообразно применять в тех случаях, когда для удобства снятия и установки обрабатываемой детали зажимной механизм надо отводить на значительное расстояние. При повороте кулачка на  $120\text{--}180^\circ$  механизм может отодвигаться на  $14\text{--}45$  мм. Отодвигание механизма обычно производится автоматически под действием пружины.

Зажим 4 представляет собой сдвоенный кулачок 3 и применяется в центрирующих механизмах и в плавающих тисках. Все рассмотренные конструкции кулачков закрепляются на валу и при помощи рукоятки, прикрепленной к валу, вращаются вместе с ним.

Зажимы 7 и 8 представляют собой эксцентриковые рычаги, так как в них эксцентриковые кулачки соединены с рукоятками. В отличие от предыдущих они устанавливаются на неподвижном валу свободно. Диапазон их действия меньше, чем кулачков.

Эксцентриковые валики 5 и 6 применяют главным образом в качестве запирающих механизмов для точно исполненных подвижных частей приспособлений. Объясняется это тем, что в таких случаях не требуется значительный эксцентриситет, а следовательно, можно применить валик сравнительно малого диаметра. Предпочтение следует отдавать двухопорным валикам 5 как более жестким и надежным при работе на изгиб.

Половину цилиндрического кулачка или валика, поворачиваемого силой  $W$  относительно оси  $O$ , удаленной от геометрической оси  $O'$  на величину  $e$ , можно считать односходным клином. Этот клин под действием момента  $M = W \times l$  продвигается

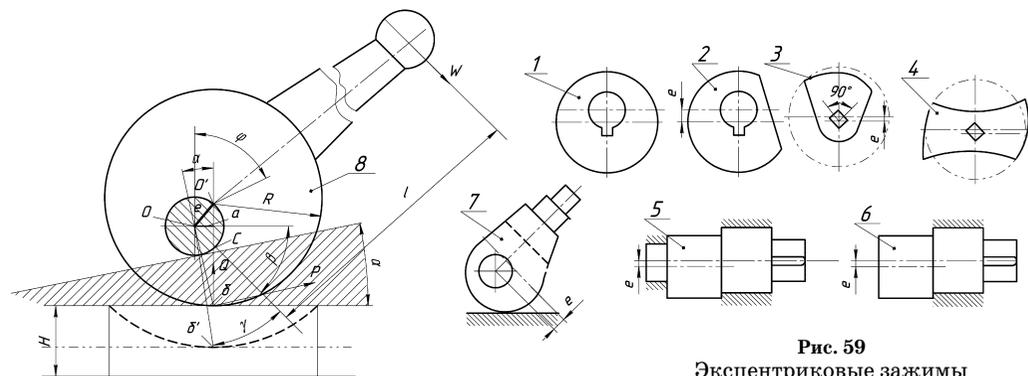


Рис. 59  
Эксцентриковые зажимы

гается между неподвижной осью  $O$  эксцентрика и перемещающейся или упругоформирующейся под действием этого клина обрабатываемой деталью  $I$ . После создания необходимой силы закрепления  $Q$  сила  $W$  с рукоятки кулачка снимается. Надежная работа зажима будет обеспечена только при условии, если момент сил трения, действующих на поверхностях контакта кулачка (клина) с обрабатываемой деталью и с осью, будет несколько превышать момент сил упругости обрабатываемой детали и оси кулачка, стремящихся возвратить кулачок в исходное положение, т. е. при условии, если кулачок будет самотормозящимся.

Если принять коэффициент трения  $f = \operatorname{tg} \rho = 0,1$ , то получаем  $\rho = 5^\circ 43'$ . Следовательно, по формуле (13) находим  $\alpha < 2\beta = 11^\circ 26'$ . При конструировании круговых эксцентриков обычно принимают  $\alpha = 8^\circ 32'$ . При этом  $\operatorname{tg} \alpha = 0,15$ . Необходимый угол поворота  $\varphi$  кулачка для обеспечения самоторможения зависит от отношения величины эксцентриситета к радиусу кулачка. Найдем максимальное значение этого отношения при указанном значении угла  $\alpha$ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Oa}{ab} = \frac{e \sin \varphi}{R - e \sin \varphi}.$$

Разделив числитель и знаменатель правой части на  $R$ , найдем

$$\frac{e}{R} \sin \varphi = \operatorname{tg} \alpha - \frac{e}{R} \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi,$$

или

$$\frac{e}{R} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \varphi + \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi}.$$

При  $\operatorname{tg} \alpha = 0,15$  получим

$$\frac{e}{R} = \frac{0,15}{\sin \varphi + \operatorname{tg} 0,15 \cos \varphi} = y. \quad (14)$$

Максимальное значение отношения  $e$  к  $R$  найдем, если производную

$$\frac{e}{R} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \varphi + \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi},$$

$\frac{dy}{d\varphi}$  приравнять к нулю, т. е. если

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{-0,15(\cos \varphi - 0,15 \sin \varphi)}{\sin \varphi + 0,15 \cos \varphi},$$

то

$$0,15^2 \sin \varphi - 0,15 \cos \varphi = 0,$$

откуда  $\varphi = 81^\circ 20''$ . При подстановке полученного значения угла  $\varphi$  в формулу (14)

найдем значение выражения  $\frac{e}{R} \approx 0,15$ .

Таким образом, при  $\frac{e}{R} < 0,15$  угол  $\alpha < 2\beta$ , и эксцентрик будет самотормозящимся при любом угле  $\varphi$ . При отношении  $\frac{e}{R} > 0,15$  самоторможение наступит при угле  $\varphi = 90^\circ + \beta$ , где  $\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$ .

Следовательно, чтобы найти угол  $\beta$ , необходимо по теореме синусов из треугольника  $OB'C$  определить угол  $\gamma$ :

$$\gamma \approx \arcsin \left( R \frac{\sin \alpha}{e} \right).$$



Величину эксцентриситета практически принимают не более полутора кратной величины допуска размера  $H$  (см. рис. 59) обрабатываемой детали в месте закрепления. Приблизительно величину  $e$  можно подсчитать по формуле

$$e = \frac{S_1 + S_2 + \delta + \Delta}{2},$$

где  $S_1$  — необходимый зазор для свободной установки закрепляемой детали под эксцентрик,  $S_1 = 0,2 - 0,4$  мм;  $S_2$  — запас хода,  $S_2 = 0,3 - 0,5$  мм для предотвращения перехода эксцентрика через мертвую точку;  $\delta$  — допуск на размер  $H$  детали;  $\Delta$  — дополнительная величина хода для компенсации податливости системы «зажим — обрабатываемая деталь».

Величину  $\Delta$  можно найти по уравнению

$$\Delta = \frac{Q}{c} + y + \frac{Q}{c'},$$

правая часть которого представляет суммарную податливость эксцентрика, его оси и обрабатываемой детали в месте приложения силы  $Q$ .

К недостаткам кругового эксцентрика следует отнести непостоянство угла подъема, а также малый ход эксцентрика (не более  $2e$ ). В результате изменения угла  $\alpha$  эксцентрика при положении линии эксцентриситета, близком к горизонтальному, закрепление может ослабиться, а при положении, близком к вертикальному, — заклинить. В том и другом случае приходится ударять по рукоятке эксцентрика для того, чтобы надежно закрепить деталь или легче освободить ее. При соблюдении соотношения

$$\frac{e}{R} < 0,15$$

и при стремлении увеличить ход требуется увеличивать  $e$ , что приводит к значительному увеличению  $R$ .

Достоинством круговых эксцентриков является простота конструкции изготовления.

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

$$\rho = Ce^{a\theta}$$

или по архимедовой спирали

$$\rho = a\theta,$$

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

Если первое уравнение представить в логарифмическом виде, как и второе уравнение, то в декартовых координатах это будут прямые линии. Поэтому построение кулачков с поверхностями в виде логарифмической или архимедовой спирали можно выполнить с достаточной точностью просто, если значения  $\rho$ ,



взятые по графику в декартовых координатах, отложить от центра окружности в полярных координатах. Диаметр окружности при этом подбирают в зависимости от требующейся величины хода эксцентрика.

В практике также находят применение эвольвентные эксцентрики.

#### 4.3.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КЛИНА И ЭКСЦЕНТРИКА

С помощью клина 4 (рис. 60а) при известной силе  $W$  привода создается сила закрепления  $Q$ , которая, как в любом другом случае, может быть определена графически и аналитически.

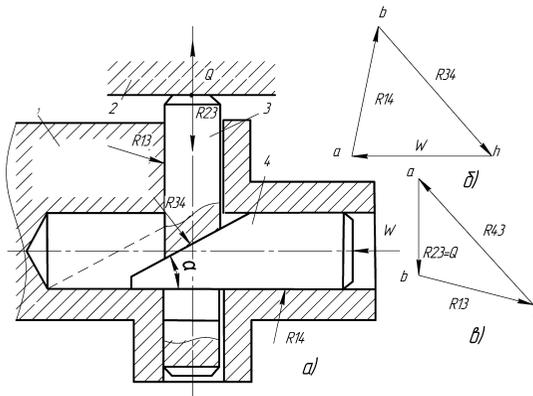


Рис. 60

Схема для расчета силы закрепления, создаваемой клином

При графическом способе используются векторные уравнения сил, действующих на плунжер 3 и клин 4. Следовательно, правильное определение этим способом силы закрепления зависит от того, насколько точно определены линии действия сил, приложенных к плунжеру 3 и клину 4.

На клин 4 кроме силы  $W$  действуют реакции  $R_{34}$  со стороны плунжера 3 и  $R_{14}$  со стороны корпуса 1 приспособления, которые под влиянием трения отклонены от нормального положения на угол трения  $\rho$ . В соответствии с условием равновесия клина 4, считая

коэффициент трения на всех трущихся поверхностях одинаковым, можно написать

$$W + R_{34} + R_{14} = 0. \quad (15)$$

В этом уравнении сила  $W$  известна по величине и по направлению, а силы  $R_{34}$  и  $R_{14}$  известны только по направлению. Таким образом, в уравнении (15) неизвестны только величины двух сил. Такое уравнение решается графически построением плана сил (рис. 60б). Если на плане сила  $W$  отложена в определенном масштабе, то, умножив отрезки  $ab$  и  $bh$  на этот масштаб, получим величины сил  $R_3$  и  $R_4$ .

Теперь можно составить векторное уравнение сил для плунжера 3 (это может быть плунжер или толкатель, действующий на закрепляемую деталь непосредственно или через какое-либо промежуточное звено). На плунжер 3 действуют реакция  $R_{23}$  со стороны обрабатываемой детали 2 (равная искомой силе  $Q$  закрепления), реакция  $R_{43}$  со стороны звена 4 и реакция  $R_{13}$  со стороны корпуса 1. Поэтому

$$R_{23} + R_{43} + R_{13} = 0.$$

В этом уравнении также две неизвестных: величина силы  $R_{23}$  и величина силы  $R_{13}$ . Сила  $R_{43}$  может быть взята из построенного плана сил, действующих на клин 4, так как эта сила равна (по модулю) силе  $R_{34}$  и направлена в противоположную



сторону. Отложив эту силу от точки  $h'$  (рис. 60в) и проведя через начало и конец вектора силы  $R_{43}$  линии, параллельные линиям действия сил  $R_{23}$  и  $R_{13}$ , получим векторы искомых сил в том масштабе, в каком был отложен вектор силы  $R_{43}$ .

Построенные планы позволяют легко определить силу закрепления аналитически. Из планов сил, пользуясь теоремой синусов, можно написать

$$\frac{R_{23}}{\sin(90^\circ - \alpha - 2\rho)} = \frac{R_{43}}{\sin(90^\circ + \rho)}.$$

или

$$\frac{R_{23}}{R_{43}} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha - 2\rho)}{\sin(90^\circ + \rho)}.$$

Аналогично

$$\frac{W}{\sin(\alpha + 2\rho)} = \frac{R_{43}}{\sin(90^\circ - \rho)}.$$

Разделив первое уравнение на второе, получим

$$\frac{R_{23}R_{43}}{WR_{43}} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha - 2\rho)\sin(90^\circ - \rho)}{\sin(90^\circ + \rho)\sin(90^\circ + 2\rho)},$$

откуда находим

$$R_{23} = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + 2\rho)}.$$

Для кругового эксцентрика (см. рис. 59) сила закрепления может быть определена с достаточной точностью по формулам, аналогичным формулам для односкосного клина.

Если  $l$  — длина рукоятки эксцентрика и  $W$  — сила, приложенная к рукоятке, то при повороте эксцентрика под действием этой силы на его оси будет возникать момент  $M = W \cdot l$ . Этот момент должен уравновешиваться суммой моментов сил реакций, действующих на эксцентрик со стороны обрабатываемой детали и со стороны опоры эксцентрика, и сил трения в опорах эксцентрика и на поверхности его контакта с обрабатываемой деталью.

Если обозначить необходимую силу закрепления  $Q$ , то с учетом указанных сил трения к клину необходимо приложить силу  $W$ , которую можно определить приближенно по формуле

$$W = Q \cos \alpha.$$

Силу  $Q$ , представляющую реакцию со стороны закрепляемой детали, стремящуюся повернуть эксцентрик относительно точки  $O$ , можно найти из равенства моментов:

$$W \cdot l = Q \cdot r,$$

где  $r$  — расстояние от точки приложения силы  $Q$  до оси  $O$ .

Следовательно,

$$W = \frac{Ql}{r} \cos \alpha.$$

С другой стороны, для эксцентрика 8 (рис. 59) сила  $W$  связана с силой  $Q$  закрепления зависимостью

$$W = Q[\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2],$$

из которой, подставив приведенное выше значение  $W$ , найдем силу закрепления

$$Q = \frac{Wl \cos \alpha}{r[\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]}.$$

При малых значениях  $\alpha$  величина  $\cos \alpha$  близка к единице, поэтому силу закрепления можно определять по формуле

$$Q = \frac{Wl}{r[\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]};$$
$$r = \frac{R - e \cos \varphi}{\cos \alpha},$$

где  $r$  — радиус-вектор эксцентрика.

Так как  $\alpha$  и  $r$  для круглого эксцентрика — величины переменные, то сила  $Q$  также переменна. Для самотормозящегося эксцентрика, т. е. для эксцентрика отношением  $\frac{e}{R} < 0,15$ , если принять  $\cos \alpha = 1$ , то сила  $Q$  определится из выражения

$$Q = \frac{Wl}{(R - e \cos \varphi)[\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]}.$$

где  $R$  — радиус окружности эксцентрика.

При одинаковых значениях  $l$  эксцентрикового и резьбового зажимов сила закрепления, которую можно развить при помощи эксцентрика, в несколько раз меньше силы, достигаемой резьбовым зажимом, так как величина  $R$  эксцентрика всегда больше среднего радиуса  $r_{\text{ср}}$  винта. Поэтому для обеспечения эксцентриком силы закрепления, одинаковой с силой, развиваемой резьбовым зажимом, необходимо применять к эксцентрикам длинные рукоятки. Так, например, чтобы создать эксцентриком силу закрепления, одинаковую с силой, развиваемой винтом диаметром 20 мм, требуется рукоятка длиной около 1000 мм. Использовать такие эксцентрики неудобно, а иногда и невозможно. Поэтому данный тип зажима следует считать недостаточно надежным, особенно для закрепления деталей, удерживаемых в процессе обработки только силой трения.

Эксцентрики, предназначенные для тяжелых работ, целесообразно проверять на прочность по контактным напряжениям сдвига, которые можно определить по формуле (10). В формуле вместо значения  $q$  следует подставить отношение силы  $Q$  к длине линии контакта  $l$  эксцентрика с обрабатываемой деталью, а вместо  $\rho_{\text{пр}}$  — радиус  $R$  эксцентрика.

#### 4.3.7. ЭЛЕМЕНТЫ РЫЧАЖНЫХ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ

В зажимных устройствах станочных приспособлений широкое распространение получили прихваты (рис. 61), представляющие собой одно- или двухплечие рычаги, приводящиеся в действие силой  $W$ , которая создается винтом, гайкой или эксцентриком.

Применяется несколько схем использования прихватов. Схема, показанная на рисунке 61а, наименее эффективна, так как при такой схеме сила закрепления детали  $Q$  всегда меньше приложенной силы  $W$ . Прихват, выполненный по этой схеме, после снятия силы  $W$  может быть отодвинут от детали



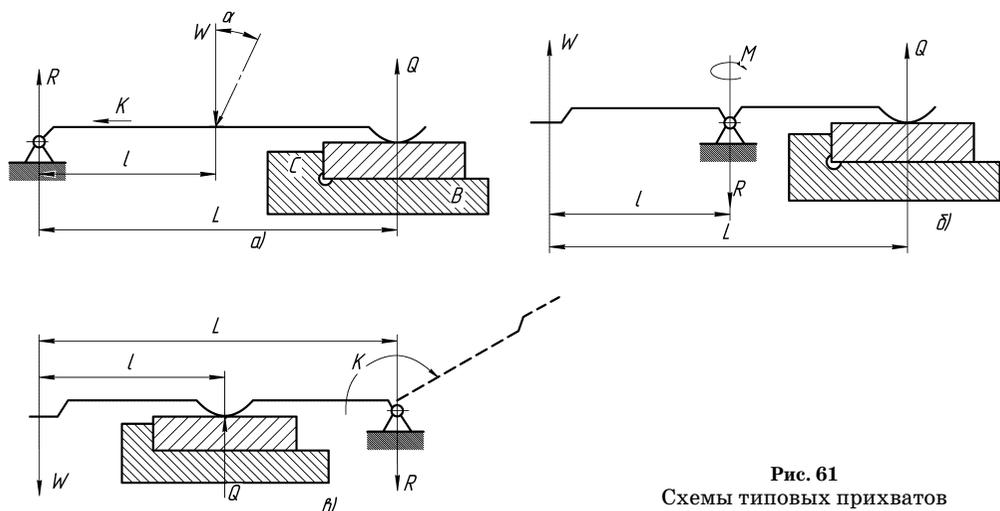


Рис. 61  
Схемы типовых прихватов

в направлении, показанном стрелкой  $K$ , тем самым облегчается доступ к обрабатываемой детали. Схема, показанная на рисунке 61б, более эффективна, так как по этой схеме сила закрепления  $Q$  не только может быть равна приложенной силе  $W$ , но может быть и больше этой силы. Для облегчения доступа к обрабатываемой детали прихват, выполненный по этой схеме, может быть повернут относительно оси опоры  $A$  по стрелке  $M$ . Так как опора такого прихвата нагружается силами  $Q$  и  $W$ , целесообразно изменить эту схему, поместив на место опоры  $A$  обрабатываемую деталь, а на место обрабатываемой детали — опору, т. е. принять наиболее эффективную схему (рис. 61в). Прихват, выполненный по этой схеме, можно сделать откидным (штриховая линия), и тогда будет обеспечен совершенно свободный доступ к обрабатываемой детали.

В рассмотренных схемах прихватов сила  $W$  привода перпендикулярна к прихвату, и сила закрепления действует на обрабатываемую деталь в одном направлении, поджимая ее к опоре  $B$ . Если же к прихвату (рис. 61а) приложить силу  $W$  под некоторым углом  $\alpha$  или, не изменяя направление силы  $W$ , повернуть прихват на этот угол, то на обрабатываемую деталь будут действовать две силы, которые закрепляют деталь к двум опорам одновременно: к опорам  $B$  и  $C$ .

Рассмотренные прихваты можно объединить (сблокировать) для того, чтобы, прикладывая силу привода  $W$  в одном месте, обеспечить крепление детали (или группы деталей) в нескольких местах без увеличения силы привода. На рисунке 62 показаны схемы попарного объединения прихватов 1 и 4 для крепления двух деталей 2 в четырех точках.

По схеме, показанной на рисунке 62а, каждая пара прихватов закрепляет детали в двух точках силами  $Q/2$ . Силы  $Q$  создаются при завинчивании двух гаек 3 и 5 силой  $W$ . По схеме, данной на рисунке 62б, заблокированы все четыре прихвата. Силы закрепления деталей в этом случае создаются завинчиванием гайки 6 и равны  $Q/4$ . По схеме, приведенной на рисунке 62в, где также все четыре прихвата приводятся в действие одной силой  $W$ , детали оказываются

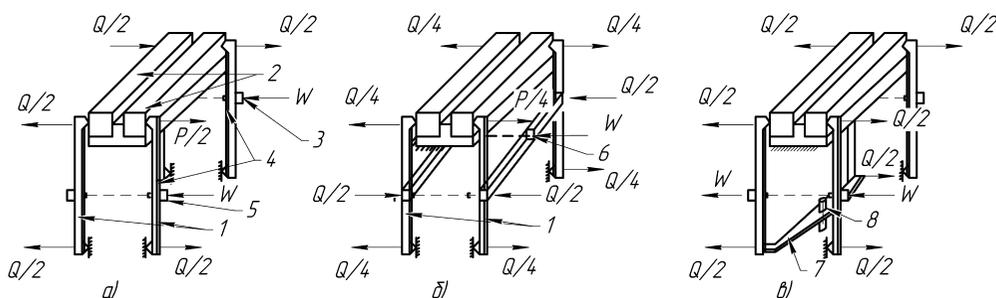


Рис. 62  
Блокировка прихватов

закрепленными такими же силами, как и на рисунке 62а, но в 2 раза быстрее и легче. Достигается это применением коромысла 7, покачивающегося относительно оси 8. Во всех случаях при расчете сил закрепления  $Q = W$ .

Таким образом, объединение прихватов по данной схеме (рис. 62а) нерационально вследствие относительно небольшой производительности, но при ручном приводе и в результате большой утомляемости рабочего. Объединение по схеме, приведенной на рисунке 62б, также нерационально из-за относительно невысокого коэффициента использования энергии привода или силы, затрачиваемой рабочим. Объединение прихватов, показанное на рисунке 62в, рационально в отношении производительности и использования энергии как механического, так и ручного привода.

Изготавливаются прихваты из сталей 20, 35, 45. Прихваты из малоуглеродистых сталей цементируют на глубину 0,8–1,2 мм и подвергают закалке до твердости HRC 54...60. Прихваты из среднеуглеродистой стали закалывают до твердости HRC 40...45. Многие конструкции прихватов нормализованы, а некоторые стандартизованы.

#### 4.3.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИХВАТОВ

Силу закрепления можно определять без учета потерь на трение. В этих случаях при использовании прихватов по схеме, показанной на рисунке 61а, сила закрепления

$$Q = \frac{Wl}{L}.$$

Для прихватов по схемам, показанным на рисунке 61б, в,

$$Q = \frac{Wl}{L-l}.$$

Если учитывать потери на трение в опоре прихвата, то силу закрепления можно определить по следующим формулам.

Для прихвата по схеме, показанной на рисунке 61а,

$$Q = \frac{Wl - fRr}{L} = W \frac{Ll - fr(L-l)}{L^2},$$

где  $R = \frac{L-l}{L}$  — реакция в опоре;  $f$  — коэффициент трения в опоре;  $r$  — радиус опоры.

Для прихвата по схеме, данной на рисунке 61б,

$$Q = \frac{Wl - fRr}{L} = W \frac{(L-l)l - frL}{(L-l)^2},$$

где  $R = W \frac{L-l}{L}$ .

Для прихвата по схеме, приведенной на рисунке 61в,

$$Q = \frac{WL - fRr}{L-l} = W \frac{L(L-l) - frl}{(L-l)^2},$$

где  $R = W \frac{L}{L-l}$ .

Если принять  $L=2l$ ,  $f=0,1$  и  $r=0,2l$ , то получим:  $Q=0,495W$  (рис. 61а),  $Q=0,96W$  (рис. 61б) и  $Q=1,98W$  (рис. 61в). Таким образом, по сравнению с прихватом, показанным на рисунке 61а, прихват на рисунке 61б обеспечивает почти в 2 раза, а прихват, показанный на рисунке 61в, в 4 раза большую силу закрепления при одинаковой силе привода.

#### 4.3.9. ЦАНГОВЫЕ ЗАЖИМЫ

В многоклиновых цанговых зажимах происходит самоцентрирование закрепляемой заготовки. Причем все клинья цанги имеют одинаковую силу закрепления.

Каждый клин многоклиновых самоцентрирующихся механизмов, перемещающийся по конической поверхности сопрягаемой детали приспособления, работает как односкосый клин с трением только по одной или двум рабочим поверхностям клина.

На рисунке 63 показан многоклиновый самоцентрирующийся цанговый зажим с упором 1 для прутка 2.

В этом механизме каждый лепесток 3 цанги (клина) при закреплении прутка 2, перемещаясь по неподвижной конической поверхности, работает как односкосый клин и преодолевает силы трения  $F_1$  и  $F_2$  по двум его рабочим поверхностям. Если в многоклиновом цанговом механизме упора 1 нет, то каждый лепесток 3 цанги при закреплении прутка 2, перемещаясь по неподвижной

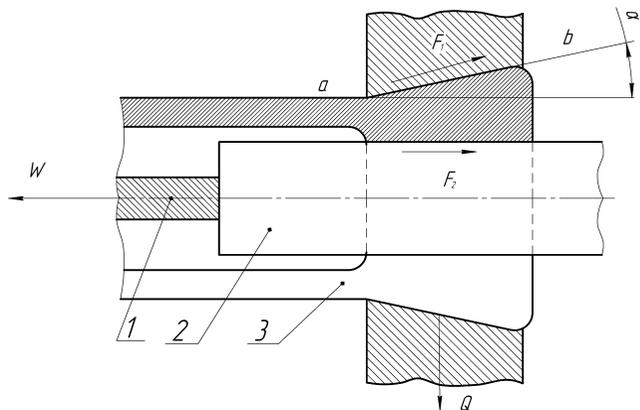


Рис. 63  
Многоклиновый цанговый зажим

ной наклонной поверхности  $ab$ , работает как односкосый клин и преодолевает только силы трения по его рабочей поверхности (в этом случае сила  $F_2=0$ ).

Суммарная сила закрепления всеми лепестками 3 цанги при трении только по наклонным поверхностям  $ab$  (см. рис. 63) будет равна

$$Q_{\text{сум}} = \frac{W}{\text{tg}(\alpha + \varphi_1)}.$$

Суммарная сила закрепления всеми лепестками 3 цанги при трении по двум ее рабочим поверхностям:

$$Q_{\text{сум}} = \frac{W}{\text{tg}(\alpha + \varphi_1) + \text{tg} \varphi_2}.$$

Сила закрепления каждым лепестком цанги

$$Q = \frac{Q_{\text{сум}}}{n},$$

где  $n$  — число лепестков в цанговом зажиме.

#### 4.4. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАЖИМЫ

Комбинированные зажимные устройства сочетают в себе элементарные зажимы различного типа. Их применяют для увеличения сил закрепления, изменения величины хода зажимающего элемента, изменения направления сил закрепления, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления. Комбинированные зажимные устройства могут также обеспечивать одновременное закрепление заготовки в нескольких местах. Они приводятся в действие от ручного привода или от пневматических, гидравлических и других силовых узлов. В устройствах с большим числом звеньев имеют место значительные потери передаваемых сил, в результате чего их КПД невелик.

К комбинированным зажимным устройствам относятся винтовые прихваты, состоящие из винтового и рычажного зажимов; эксцентриковые прихваты, состоящие из эксцентрикового и рычажного зажимов, и другие. Рычаги прихватов для удобства установки заготовок выполняют передвижными и откидными. Детали прихватов в основном стандартизованы или нормализованы.

Схемы комбинированных зажимных устройств с ручным приводом показаны на рисунке 64.

При сочетании изогнутого рычага и винта (рис. 64а) можно одновременно закреплять заготовку в двух местах, равномерно повышая значения горизонтальной и вертикальной сил закрепления.

Обычный прихват (рис. 64б) представляет собой сочетание рычажного и винтового зажимов. Он отличается простотой и малыми габаритными размерами. Ось поворота рычага совмещена с центром сферической поверхности подкладной шайбы, которая разгружает шпильку от изгиба, позволяя планке самоустанавливаться по заготовкам разной высоты.

Прихват с эксцентриком (рис. 64в) является быстродействующим комбинированным зажимом. При определенном соотношении плеч рычага можно увеличить ход зажимающего конца рычага или силу закрепления. Износ эксцен-

трика легко компенсировать регулированием гайкой и контргайкой. На рисунке 64г приведено устройство для закрепления в призме цилиндрической заготовки посредством наклонного рычага и винта, а на рисунке 64д — схема быстродействующего комбинированного зажима (рычаг и эксцентрик), обеспечивающего боковое и вертикальное закрепление заготовки к опорам приспособления. Силу вертикального закрепления заготовки можно увеличить большим наклоном планки. Эффект одновременного закрепления заготовки к горизонтальной и вертикальной опорам приспособления достигается устройством, приведенным на рисунке 64е.

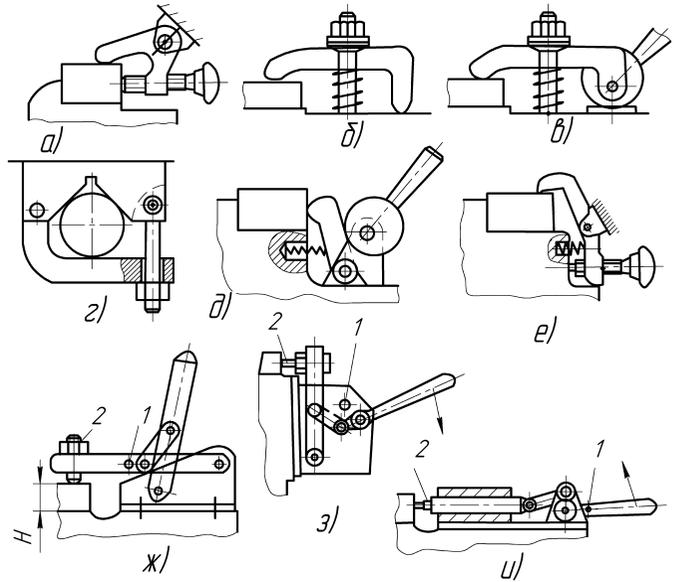


Рис. 64  
Комбинированные зажимные механизмы

Шарнирно-рычажные зажимы (рис. 64ж-и) являются примером быстродействующих устройств, приводимых в действие поворотом рукоятки. Их широко применяют в виде нормализованных узлов, позволяющих иметь различную компоновку в приспособлениях. Во избежание самооткрепления устройства в процессе обработки рукоятка переводится через мертвую точку до упора 1. Сила закрепления зависит от величины деформации системы и ее жесткости. Необходимую деформацию системы устанавливают регулировкой нажимного винта 2. Однако наличие допуска на размер  $H$  (рис. 64ж) не обеспечивает постоянства силы закрепления для всех заготовок данной партии.

Сила закрепления заготовки при повороте рукоятки увеличивается от нуля до максимального значения  $Q_{\max}$  и далее несколько уменьшается при доведении рукоятки до упора. Зная заданное значение  $Q$  и беря плечи горизонтальной планки равными по длине с учетом модуля упругости ее материала  $E$ , и задаваясь величиной ее наибольшего прогиба  $y_{\max}$  (около 1 мм), можно найти момент инерции  $I$  ее поперечного сечения из равенства

$$y_{\max} = \frac{2Q}{48EI}.$$

При допуске  $\delta$  на размер  $H$  заготовки сила  $Q$  будет изменяться от минимального до максимального значения:

$$Q_{\min} = \frac{24EIy_{\max}}{l^3} \dots Q_{\max} = \frac{24EI(y_{\max} + \delta)}{l^3}.$$

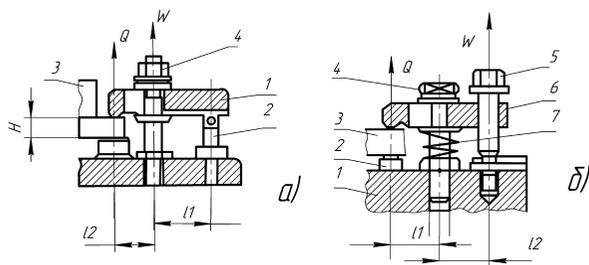


Рис. 65

Нормализованный прихват и схема действия сил в нем

сил (рис. 65а) относительно неподвижных опор находится величина исходной силы  $W$ , развиваемой винтом,

$$W = \frac{Q(l_1 + l_2)}{l_1 \eta},$$

откуда сила закрепления

$$Q = \frac{W l_1 \eta}{l_1 + l_2},$$

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

При  $l_1 = l_2$  и  $\eta = 1$  получим  $Q = 0,5W$ .

На рисунке 65б показан один из нормализованных прихватов с закрепленной им заготовкой 3. В случае завинчивания винта 5 правый конец, прихвата 6 поднимается, а левый опускается и закрепляет заготовку 3, установленную на опорах 2, запрессованных в корпус 1 приспособления. При раскреплении детали пружина 7 поднимает прихват, удерживаемый головкой 4.

Из равенства моментов сил относительно неподвижных опор находим величину исходной силы  $W$ , развиваемой винтовым прихватом:

$$W = \frac{Q l_2}{l_1 \eta},$$

откуда сила закрепления

$$Q = \frac{W l_1 \eta}{l_2},$$

при  $l_1 = l_2$  и  $\eta = 1$  получим  $Q = W$ .

На рисунке 66 представлена схема комбинированного зажима с пневматическим приводом.

При подаче сжатого воздуха в нижнюю часть пневмокамеры мембрана 8 прогибается и шток 7, жестко связанный с мембраной, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, поднимает его правое плечо, а левое — опускает. Рычаг 6 левым плечом опускает стержень 5 с планкой 4, и планка левым плечом закрепляет заготовку 3, установленную на опорах 1. При подаче сжатого воздуха в верхнюю часть пневмокамеры мембрана 8 прогибается вниз, и шток 7, поворачивая рычаг-усилитель 6 на оси, перемещает правое его плечо вниз, а левое — вверх. В этом случае рычаг левым плечом поднимает стержень 5 — он прекращает действовать на планку 4, и деталь раскрепляется. Пружина 2 поднимает прихват 4 и прижи-

мает его к верхней головке стержня 5.

Сила закрепления заготовки данным устройством:

$$Q = W \frac{l_2}{l_1} \frac{l}{l+l_1} \eta,$$

где  $W$  — сила на штоке пневмокамеры;  $\eta$  — коэффициент, учитывающий трение в шарнирных соединениях и в пневмокамере;  $l_2$  и  $l_3$  — длины плеч рычага-усилителя;  $l_1$  и  $l$  — длины плеч прижимного рычага (планки).

На рисунке 67 показана схема комбинированного зажимного устройства с пневмоцилиндром.

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

Сила закрепления заготовки планкой:

$$Q = \frac{Wl\eta}{l_1}, \quad Q_1 = \frac{Wl\eta}{l \cos \alpha}.$$

Сила, необходимая на штоке:

$$W = \frac{Q_1 l_1}{l} \frac{\cos \alpha}{\eta} = \frac{Q l_1}{l \eta},$$

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

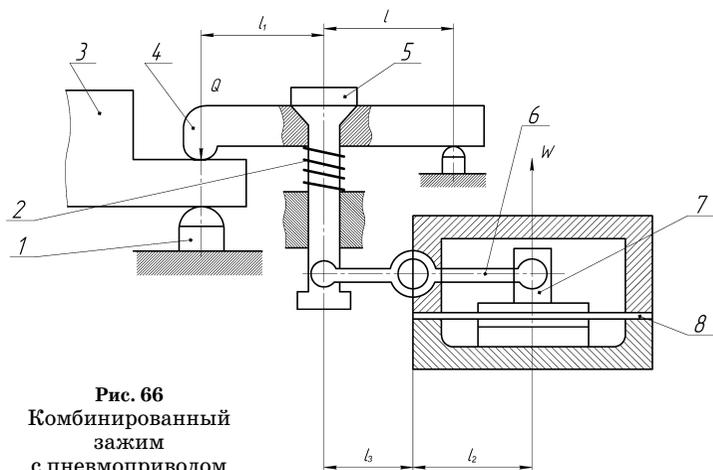


Рис. 66  
Комбинированный зажим с пневмоприводом

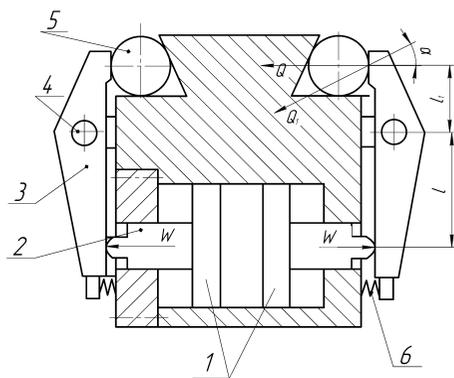


Рис. 67  
Комбинированный зажим с пневмоцилиндром

Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходной силы тяги  $W$ , необходимой для закрепления заготовки силой  $Q$ . Кроме этого, силовые приводы используют для механизации и автоматизации приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота приспособления, удаления стружки, транспортирования деталей и др.

## 5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СИЛОВЫХ ПРИВОДОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в другую, необходимую для работы зажимных механизмов. В связи с этим приводы обычно классифицируют по виду преобразуемой энергии:

- пневматические;
- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- электрические;
- электромагнитные;
- магнитные;
- вакуумные;
- центробежно-инерционные;
- от сил резания (энергия привода главного движения станка);
- от движущихся частей станка.

Применение механизации и автоматизации станочных приспособлений обеспечивает значительное повышение производительности работы станков и облегчает труд рабочего при закреплении и раскреплении обрабатываемых деталей в приспособлении.

По степени автоматизации существуют приводы:

- механизированные;
- автоматизированные.

Отличительной особенностью автоматизированного привода является освобождение рабочего от приемов по управлению им.

## 5.2. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

В массовом и крупносерийном производстве наибольшее применение получили пневматические приводы. Это объясняется тем, что пневматические приводы приспособлений имеют простую конструкцию, являются быстродействующими, просты в управлении, обладают надежностью и сравнительно недорого стоят. Общие технические требования на пневмоприводы даны в ГОСТ 18460-73.

Пневматические приводы состоят из пневмодвигателей, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

По виду пневмодвигателя приводы подразделяют на пневматические цилиндры с поршнем и пневматические камеры с диафрагмами.

По способу компоновки с приспособлениями поршневые и диафрагменные пневмоприводы разделяют на встроенные, прикрепляемые и универсальные. Встроенные пневмоприводы размещаются в корпусе приспособления и составляют с ним одно целое. Прикрепляемые пневмоприводы устанавливаются на корпусе приспособления, соединяют с зажимными устройствами, их можно отсоединять от него и применять на других приспособлениях. Универсальный (приставной) пневмопривод — специальный пневмоагрегат, применяемый для перемещения зажимных устройств в различных станочных приспособлениях.

Пневматические поршневые и диафрагменные пневмодвигатели бывают одно- и двустороннего действия. В пневмодвигателях одностороннего действия рабочий ход поршня со штоком в пневмоцилиндре или прогиб диафрагмы в пневмокамере производится сжатым воздухом, а обратный ход поршня со штоком или диафрагмы со штоком — за счет высвобождения потенциальной энергии накопленных упругими элементами (пружины, упругодеформируемые элементы и т. д., установленные на штоке). Пневмоприводы одностороннего действия применяют в тех случаях, когда при закреплении заготовки требуется сила, большая, чем при раскреплении; пневмоприводы двустороннего действия — когда при закреплении и раскреплении требуется большая сила: например, в приспособлениях с самотормозящимися зажимными устройствами.

Пневмоприводы по виду установки делятся на невращающиеся и вращающиеся. Невращающиеся пневмоприводы применяют в стационарных приспособлениях, устанавливаемых на столах сверлильных, фрезерных, протяжных станков. Вращающиеся пневмоприводы используют для перемещения зажимных устройств, вращающихся приспособлений (патроны токарных, шлифовальных станков). Пневмоприводы применяются также для приспособлений, устанавливаемых на непрерывно или периодически вращающихся столах станков.

Замена в станочных приспособлениях ручных зажимов пневматическими приводами дает большие преимущества:

- значительное сокращение времени на закрепление и раскрепление (в 4–8 раз) вследствие быстроты действия (0,5–1,2 с) пневмопривода;
- постоянство силы закрепления заготовки в приспособлении;



- возможность регулирования силы закрепления детали;
- простота управления элементами для закрепления в приспособлении;
- бесперебойность работы пневмопривода при изменениях температуры воздуха в окружающей среде.

Недостатки пневматического привода:

- недостаточная плавность перемещения рабочих элементов, особенно при переменной нагрузке;
- небольшое давление сжатого воздуха в полостях пневмоцилиндра и пневмокамеры (0,39–0,49 МН/м);
- Относительно большие размеры пневмоприводов для получения значительных сил на штоке пневмопривода.

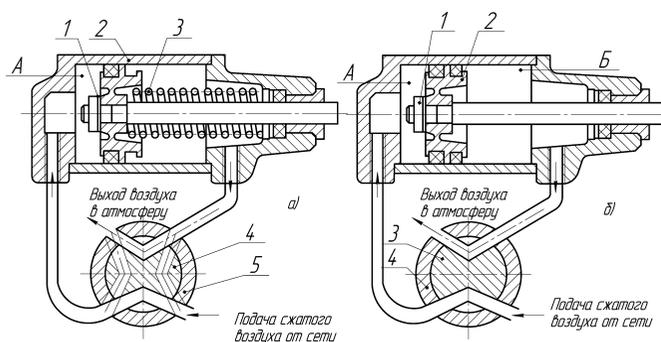
Источником энергии, приводящей в действие пневматические приводы, является сжатый воздух.

### 5.2.1. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПОРШНЕВЫЕ ПРИВОДЫ

В поршневых пневмоприводах одностороннего действия (рис. 68а) сжатый воздух подается только в полость А пневмоцилиндра и перемещает поршень 1 со штоком вправо при закреплении заготовки. При раскреплении детали поршень 1 со штоком отводится влево пружиной 2, установленной на штоке, а воздух через золотник 4 крана 5 уходит в атмосферу. В поршневых пневмоприводах двустороннего действия (рис. 68б) сжатый воздух поочередно подается в обе полости А и Б пневмоцилиндра и перемещает поршень 2 со штоком 1 при закреплении и раскреплении. Золотник 3 распределительного крана 4 при повороте рукоятки производит последовательную подачу сжатого воздуха в полость А или Б пневмоцилиндра и выпуск воздуха из полостей в атмосферу.

При расчете пневмоприводов определяют осевую силу на штоке поршня, зависящую от диаметра пневмоцилиндра и давления сжатого воздуха в его полостях, либо по заданной силе на штоке поршня и давлению сжатого воздуха можно определить диаметр пневмоцилиндра. В приспособлениях с пневмоприводом в автоматизированных производствах следует определять время его срабатывания. Расчет осевой силы  $W$  на штоке поршневого привода одностороннего действия производится по формуле

$$W = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta}{4} \cdot Q_1,$$



**Рис. 68**  
Поршневые пневмоприводы  
а — поршневой пневмопривод одностороннего действия;  
б — поршневой пневмопривод двустороннего действия.

для пневмоцилиндров двустороннего действия (рис. 68б) при отсутствии давления сжатого воздуха на поршень в бесштоковой полости

$$W = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta}{4}.$$

При наличии одновременного давления сжатого воздуха в штоковой полости

$$W = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{4},$$

где  $D$  — диаметр пневмоцилиндра (поршня);  $d$  — диаметр штока поршня;  $\rho$  — давление сжатого воздуха,  $\rho = 0,39-0,49$  Мн/м;  $\eta = 0,85-0,95$  — КПД, учитывающий потери в пневмоцилиндре;  $Q_1$  — сила сопротивления возвратной пружины в конце рабочего хода поршня.

Возвратная пружина на штоке при ее определенном сжатии (в конце рабочего хода поршня) должна оказывать сопротивление от 5 % при больших диаметрах пневмоцилиндра и до 20 % при малых диаметрах от силы  $W$  на штоке пневмоцилиндра в момент закрепления детали в приспособлении.

При конструировании применяют следующие стандартные размеры диаметров  $D$  рабочих полостей цилиндров: 75, 100, 125, 200, 250, 300, 350 мм.

Определим диаметр пневмоцилиндра двустороннего действия по заданной силе  $W$  и давлению сжатого воздуха  $\rho$ .

В формуле

$$W = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta}{4}$$

для упрощения расчета не учитываем КПД, но для надежности закрепления найденную силу  $Q$  на штоке увеличиваем в 1,5 раза. Тогда формула примет вид

$$1,5Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}{4},$$

откуда

$$D = 1,4 \sqrt{\frac{W}{\rho}}.$$

Принимая  $\rho = (0,39-0,49$  Мн/м), найдем диаметр пневмоцилиндра (см):

$$D = 0,7 \sqrt{W}.$$

Найденный размер диаметра пневмоцилиндра округляют до стандартного и по принятому диаметру определяют действительную осевую силу  $W$  на штоке.

### 5.2.2. ВРАЩАЮЩИЕСЯ ПНЕВМОЦИЛИНДРЫ

На вращающиеся пневмоцилиндры двустороннего действия имеются нормы, в которых дается два типа цилиндров: одинарные и двоянные.

Пневмоцилиндры с помощью воздухоподводящих муфт соединяются с сетью подачи сжатого воздуха.

На рисунке 69 приведен вращающийся пневмоцилиндр. Пневмоцилиндр двустороннего действия. Воздухоподводящая муфта  $M$  для  $n_{\max} = 1200$  об/мин.



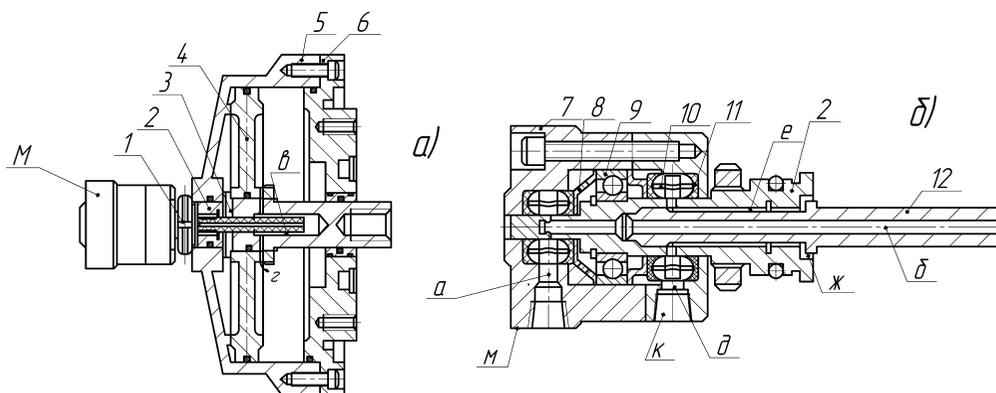


Рис. 69

Вращающийся пневмоцилиндр:

*a* — вращающийся нормализованный пневмоцилиндр двустороннего действия;  
*б* — воздухопроводящая муфта.

Поршень и шток пневмоцилиндра через промежуточные звенья перемещают кулачки патрона токарного станка при закреплении и раскреплении детали.

Пневмоцилиндр установлен на заднем конце шпинделя станка и вращается вместе с ним. На корпусе 5 пневмоцилиндра винтами закреплена крышка 6. Внутри корпуса 5 размещен поршень 4 со штоком 3. В корпусе установлен валик 2, закрепленный гайкой 1, на котором смонтирована воздухоподводящая муфта *M* на шарикоподшипнике 9 с манжетой 11. Манжеты фиксируются упорными шайбами 8 и кольцами 10 с отверстиями для прохода сжатого воздуха.

В отверстие валика 2 запрессован пустотелый стержень 12, по которому проходит воздух в пневмоцилиндр. Корпус 7 воздухопроводящей муфты *M* прикреплен к крышке и установлен на шарикоподшипнике 9. В резьбовые отверстия *K* (1/4") завинчиваются штуцеры для присоединения резиноканевых шлангов, подводящих сжатый воздух. Сжатый воздух, подводимый к левому отверстию муфты *M*, проходит по каналам *a*–*г*, поступает в правую полость пневмоцилиндра и, нажимая на поршень 4, перемещает его со штоком 3 влево. Сжатый воздух, подводимый к правому отверстию муфты *M*, проходит по каналам *д*, *ж*, *е*, поступает в правую полость пневмоцилиндра и перемещает поршень со штоком вправо. Чтобы не было просачивания сжатого воздуха из одной полости цилиндра в другую, на поршне устанавливают уплотнения из маслостойкой резины. Утечка сжатого воздуха из пневмоцилиндра в атмосферу предотвращается установленными в корпусе 5 и крышке 6 резиновыми уплотнениями и прокладками между корпусом и крышкой, а утечка воздуха из воздухоприемной муфты *M* — уплотняющими манжетами 11.

При движении поршня со штоком влево шток через тягу и промежуточные звенья патрона перемещает кулачки к центру, и заготовка закрепляется. Во время движения поршня со штоком вправо шток через тягу и промежуточные звенья патрона разводит кулачки, и деталь раскрепляется.

Для обработки деталей из прутка или трубы на токарных станках применяют вращающиеся пневмоцилиндры двустороннего действия с полым штоком.

### 5.2.3. СТАЦИОНАРНЫЕ ПНЕВМОЦИЛИНДРЫ

Стационарными называют пневмоцилиндры, корпус которых жестко закреплен на приспособлении. Они предназначены для механизации и автоматизации станочных приспособлений. Стационарные пневмоцилиндры двустороннего действия стандартизованы.

По способу крепления к приспособлениям пневмоцилиндры подразделяют на четыре типа:

- с удлиненными стяжками;
- с фланцевым креплением;
- с лапками;
- с шарнирным креплением.

На рисунке 70 показан стационарный пневмоцилиндр, который крепится к корпусу приспособления удлиненными стяжками. Уплотнения применяют в месте сопряжения поршня с корпусом цилиндра и на штоке в месте сопряжения с направляющей втулкой.

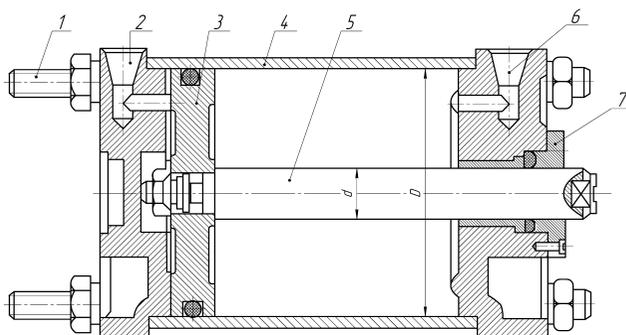


Рис. 70

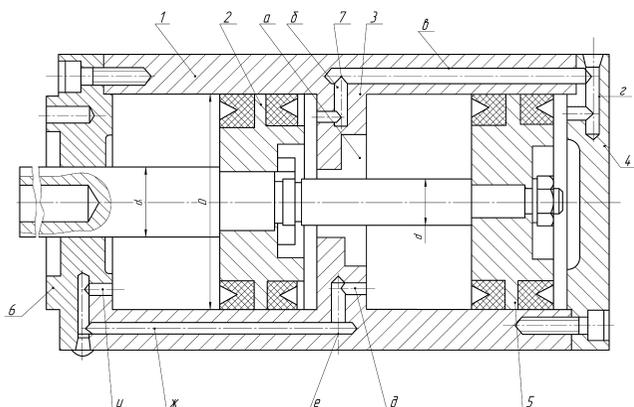
Стационарный пневмоцилиндр:

- 1 — стяжка; 2 — задняя крышка;  
3 — поршень; 4 — корпус;  
5 — шток; 6 — передняя крышка;  
7 — направляющая втулка.

Они осуществляются резиновыми уплотнениями V-образного сечения, кольцами круглого сечения и угловыми воротниковыми манжетами. Сжатый воздух подается в полости цилиндра через штуцеры, которые завинчены в резьбовые конические отверстия передней и задней крышки 6 и 2.

На рисунке 71 показан двоянный стационарный пневмоцилиндр с двумя поршнями на одном штоке. Такой пневмоцилиндр при рабочем ходе поршней создает осевую силу на штоке в 2 раза больше по сравнению с пневмоцилиндром с одним поршнем такого же размера. Корпус 1 пневмоцилиндра разделен перегородкой 3 на две части. На корпусе винтами закреплены крышки 4, 6. При подаче через штуцер в отверстие 7 сжатый воздух расходится по каналам  $a-g$  корпуса  $u$ ; поступая в правые полости цилиндра, давит на поршни 2 и 5 и перемещает их влево. В случае подачи через штуцер в отверстие  $e$  сжатый воздух расходится по каналам  $d, ж$  и корпуса  $u$ ; поступая в левые полости цилиндра, перемещает поршни вправо.

Цилиндры с двумя и тремя поршнями на одном штоке применяют в качестве пневмоприводов для стационарных и вращающихся приспособлений, когда требуется при небольшом диаметре цилиндра получить большую силу на штоке, а конструкция станка или приспособления не позволяет применить пневмоцилиндр большого диаметра.



**Рис. 71**  
Сдвоенный стационарный пневмоцилиндр с двумя поршнями на одном штоке

Сила на штоке пневмоцилиндра с двумя поршнями (рис. 71) при толкающем движении поршней со штоком влево определяется по формуле

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

При тянущем движении поршней со штоком вправо сила на штоке 1) с одинаковым диаметром штока:

$$W = \frac{\pi \cdot (2D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{2}$$

2) с разными диаметрами штока:

$$Q = \frac{\pi \cdot (2D^2 - d^2 - d_1^2) \cdot p \cdot \eta}{4}$$

где  $D$  — диаметр поршня пневмоцилиндра, см;  $d_1$  и  $d$  — диаметры штока в полостях цилиндра, см;  $p$  — давление сжатого воздуха,  $p=0,39$  МН/м<sup>2</sup>;  $\eta=0,85-0,9$  — КПД пневмоцилиндра.

**Уплотнения пневмоцилиндров.** Основным условием работы пневмоцилиндра является его полная герметичность. Пневмоцилиндр герметичен, если сжатый воздух, поступающий в его полости, не утекает в атмосферу и не просачивается из одной полости в другую. Для герметизации пневмоцилиндров применяют уплотнения кольцевых зазоров в сопряжениях поршней с цилиндрами, штоков с отверстиями.

В пневмоцилиндрах применяют три типа уплотнителей:

- манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков пневмоцилиндров;
- кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков пневмоцилиндров;
- уголкового воротниковые манжеты из маслостойкой резины соответствующих размеров.

К пневматическим цилиндрам предъявляют следующие технические требования. Они должны быть:

- герметичны и не допускать утечки сжатого воздуха при давлении воздуха  $p=0,58$  МН/м<sup>2</sup>;

- проверены на прочность при давлении сжатого воздуха  $p=0,58 \text{ МН/м}^2$ ;
- проверены на работоспособность (перемещение поршня со штоком из одного крайнего положения в другое в диапазоне рабочих давлений  $p=0,195\text{--}0,58 \text{ МН/м}^2$  должно происходить плавно, без рывков);
- обеспечивать осевую силу, развиваемую поршнем со штоком цилиндра при его перемещении с давлением сжатого воздуха  $p=0,58 \text{ МН/м}^2$ , не менее 85 % от расчетной силы  $Q$ ;
- обеспечивающими герметичность: для цилиндров с уплотнением поршня манжетами — не менее 400 000 двойных ходов при длине хода, равной двум диаметрам цилиндра; для цилиндров с уплотнением поршня кольцами круглого сечения — не менее 150 000 двойных ходов.

При применении V-образных манжет сопряжение поршня с цилиндром производится с посадкой  $H11/d11$  с шероховатостью поверхности цилиндра  $Ra=0,8 \text{ мкм}$ . В случае использования колец круглого сечения осуществляют посадку  $H7/f7$  с шероховатостью цилиндра  $Ra=0,16 \text{ мкм}$ .

**Конструкция поршней и штоков.** Основные размеры стационарных пневмоцилиндров двустороннего действия, а также поршней и штоков нормализованы. Цилиндры всех типов и диаметров имеют унифицированные детали (гильзы, штоки) и отличаются только крышками.

Поршни изготавливают сборными и цельными. Сборные поршни из чугуна или алюминиевого сплава и поршни цельные литые чугунные или из алюминиевого сплава нормализованы. Штоки на одном конце имеют шейку, на которую устанавливают поршень и закрепляют гайкой, а на втором конце — наружную или внутреннюю резьбу для соединения штока через тягу и промежуточные звенья с зажимным устройством приспособления.

#### 5.2.4. ДИАФРАГМЕННЫЕ ПНЕВМОПРИВОДЫ (ПНЕВМОКАМЕРЫ)

Пневмокамеры с упругими диафрагмами бывают одно- и двустороннего действия. В зависимости от способа компоновки с приспособлениями пневмокамеры подразделяют на универсальные, встраиваемые и прикрепляемые. На рисунке 72а показана нормализованная пневмокамера одностороннего действия с тарельчатой (выпуклой) диафрагмой, служащая для перемещения зажимных устройств при закреплении и раскреплении в стационарных приспособлениях. Пневмокамера состоит из корпуса 5 и крышки. Между ними винтами зажата тарельчатая резиноканевая диафрагма 6, жестко прикрепленная к стальному диску 4, установленному на штоке 8. От распределительного крана сжатый воздух через штуцер 1 поступает в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму 6 с диском

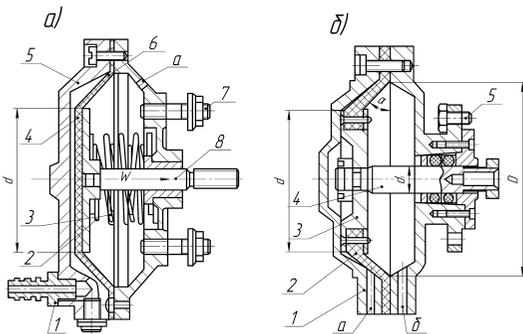


Рис. 72

Нормализованная пневмокамера:

- a* — одностороннего действия;
- б* — двустороннего действия.

и штоком вправо. При этом шток через тягу и промежуточные звенья перемещает зажимные устройства приспособления, и заготовка закрепляется. Во время перемещения диафрагмы вправо воздух из штоковой полости через отверстие *a* уходит в атмосферу.

После обработки детали сжатый воздух из бесштоковой полости через распределительный кран выпускается в атмосферу. Пружины *2* и *3* отводят диафрагму с диском и штоком влево, зажимные устройства расходятся, и деталь раскрепляется.

Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками *7*.

На рисунке *72б* приведена нормализованная пневмокамера двустороннего действия, применяемая для перемещения зажимных элементов приспособления в стационарных условиях.

Корпус пневмокамеры состоит из двух крышек *1*, между которыми винтами зажата тарельчатая резинотканевая диафрагма *2*, жестко закрепленная кольцом с заклепками на стальном диске *3*, который сидит на шейке штока и закреплен корончатой гайкой. Сжатый воздух через штуцер в отверстии *a* подается в бесштоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму *2* с диском *3* и штоком *4* вправо. При этом шток через промежуточные звенья перемещает зажимные устройства приспособления, и заготовка зажимается.

После обработки сжатый воздух через штуцер в отверстии *b* поступает в штоковую полость пневмокамеры и перемещает диафрагму *2* со штоком *4* в исходное положение. При этом шток через промежуточные звенья раздвигает зажимные элементы приспособления, и деталь раскрепляется. В это время воздух из бесштоковой полости через штуцер в отверстии *a* поступает в распределительный кран и уходит в атмосферу. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления шпильками *5*.

Корпус и крышку камеры одностороннего действия изготавливают из серого чугуна, алюминиевого сплава или штампуют из стали.

Тарельчатые диафрагмы изготавливают в пресс-формах из четырехслойной ткани бельтинг, с обеих сторон покрытой маслостойкой резиной. Плоские диафрагмы изготавливают из листовой технической резины по ГОСТ.

Расчетные диаметры *D* диафрагм выбирают из ряда: 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм. Толщину диафрагмы *h* выбирают в зависимости от ее диаметра *D* ( $h=4-8$  мм).

Диаметр *d* опорных дисков принимают для резинотканевых диафрагм  $d=0,7D$  мм; для резиновых диафрагм  $d=D-2h$  ( $2-4$  мм).

**Расчет диафрагменных пневмоприводов.** Основными величинами, определяющими работу пневмокамеры, является сила *W* на штоке и длина рабочего хода штока. В пневмокамерах усилие на штоке меняется при перемещении штока от исходного положения в конечное. Оптимальная длина хода штока пневмокамеры, при котором сила *W* меняется в небольших пределах от первоначального значения, зависит от расчетного диаметра *D* диафрагмы, ее толщины *h*, материала, формы и диаметра *d* опорного диска диафрагмы.

Если перемещать шток пневмокамеры на всю длину рабочего хода, то в конце хода штока вся энергия сжатого воздуха будет расходоваться на упругую деформацию диафрагмы и усилие на штоке *W* снизится до нуля. Поэтому используют



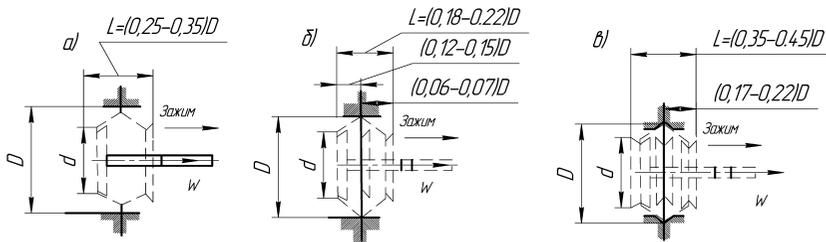


Рис. 73

Оптимальные длины ходов штока от исходного до конечного положения:

- a* — тарельчатой резинотканевой диафрагмы из ткани бельтинг;  
*б* — плоской резинотканевой диафрагмы; *в* — плоской резиновой диафрагмы.

не всю длину рабочего хода штока диафрагмы, а только ее часть, чтобы сила на штоке в конце хода составляла 80–85 % силы при исходном положении штока.

На рисунке 73*a–в* представлены рациональные длины ходов штока от исходного до конечного положения.

Приближенно сила  $W$  на штоке пневмокамер одностороннего действия для тарельчатых (выпуклых) и плоских диафрагм из прорезиненной ткани:

- 1) в исходном положении штока

$$W = \frac{\pi \cdot (D + d)^2 \cdot \rho}{16} - P_1;$$

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

$$W = \frac{0,75\pi \cdot (D + d)^2 \cdot \rho}{16} - P.$$

Сила  $W$  на штоке пневмокамеры для плоских резиновых диафрагм при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость:

- 1) в начальном положении штока

$$W = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} - P_1;$$

- 2) в положении штока после перемещения на длину  $0,22D$

$$W = \frac{0,9\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} - P_1.$$

Оптимальная длина (см) хода штока пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока:

- 1) для тарельчатой резинотканевой диафрагмы  $L = (0,25-0,35)D$ ;  
 2) для плоской резинотканевой диафрагмы  $L = (0,18-0,22)D$ .

Приближенно сила  $W$  на штоке диафрагменной пневмокамеры двустороннего действия для тарельчатых (выпуклых) и плоских резинотканевых диафрагм при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость:

- 1) в исходном положении штока

$$W = \frac{\pi(D + d)^2 \cdot \rho}{16};$$

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

$$W = \frac{0,9\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4} - P_1.$$

Сила  $W$  на штоке при подаче сжатого воздуха в штоковую полость:

1) в исходном положении штока

$$W = \frac{\pi \cdot [(D + d^2) - d_1^2] \cdot \rho}{16};$$

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

$$W = \frac{0,75\pi \cdot [(D + d^2) - d_1^2] \cdot \rho}{16}.$$

Сила  $W$  на штоке пневмокамеры для плоских резиновых диафрагм при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость:

1) в начальном положении штока

$$W = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4};$$

2) после перемещения штока на длину  $0,22D$

$$W = \frac{0,9\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4},$$

где  $D$  — диаметр диафрагмы внутри пневмокамеры, см;  $d$  — диаметр опорного диска диафрагмы, см;  $\rho$  — давление сжатого воздуха, МН/м<sup>2</sup>;  $P_1$  — сопротивление (сила) возвратной пружины при конечном рабочем положении штока, Н;  $d_1$  — диаметр штока, см.

Пневмокамеры по сравнению с пневмоцилиндрами имеют ряд преимуществ.

1. Более просты по конструкции и стоят дешевле.

2. Требуют меньшей точности изготовления и шероховатости обработанной поверхности.

3. При нормальных условиях эксплуатации диафрагменные пневмокамеры выдерживают до износа 500 000 включений, а уплотнения деталей пневмоцилиндра — значительно меньше.

4. У пневмокамер одностороннего действия отсутствует утечка воздуха, а у пневмокамер двустороннего действия уплотнения применяют только на штоке.

Недостатками пневмокамер являются небольшая величина перемещения диафрагмы со штоком и уменьшение усилия на штоке пневмокамеры при его перемещении из исходного в конечное положение. Пневмокамеры применяют в тех случаях, когда требуются небольшой ход штока и меньшая осевая сила на штоке пневмокамеры.

## 5.3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Гидравлический привод — самостоятельная установка, состоящая из электродвигателя, насоса для подачи масла, рабочего цилиндра, бака для масла, аппаратуры управления и регулирования и трубопроводов. В зависимости от назначения и мощности гидравлический привод может обслуживать одно приспособление, группу из трех-пяти приспособлений на нескольких станках или группу из 25–35 приспособлений, установленных на различных станках.

### 5.3.1. ВРАЩАЮЩИЕСЯ ГИДРОЦИЛИНДРЫ

По конструкции вращающиеся гидроцилиндры подразделяют на лопастные и поршневые. Гидроприводы с вращающимися поршневыми гидроцилиндрами в сравнении с лопастными цилиндрами обеспечивают большую длину хода, тяги и кулачков патрона, проще в изготовлении и стоят дешевле. Поэтому поршневые гидроцилиндры имеют большее применение в гидроприводах.

Недостатком конструкции вращающихся поршневых гидроцилиндров является невозможность использовать их при больших числах оборотов шпинделя станка ( $n = 1200$  об/мин), так как вследствие трения в маслораспределительной муфте привода повышается износ трущихся поверхностей деталей, начинается утечка масла и гидропривод нагревается.

### 5.3.2. НЕВРАЩАЮЩИЕСЯ ГИДРОЦИЛИНДРЫ

В стационарных (невращающихся) станочных приспособлениях применяют нормализованные гидроцилиндры двух видов: встраиваемые и агрегатированные.

Гидроцилиндры бывают одностороннего действия с возвратной пружиной и двустороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия в зависимости от направления перемещения поршня со штоком бывают толкающими (рис. 74а) и тянущими (рис. 74б). Масло под давлением поступает через штуцер 1 в полость А цилиндра и перемещает поршень 2 со штоком 4 вправо в толкающем и влево — в тянущем гидроцилиндрах при закреплении заготовки в приспособлении. Во время раскрепления пружина 3 перемещает поршень 2 со штоком 4 влево в толкающем и вправо в тянущем цилиндрах.

В гидроцилиндрах двустороннего действия (см. рис. 75) масло под давлением последовательно поступает в левую или правую полость гидроцилиндра и перемещает поршень 2 со штоком 1 в обе стороны при закреплении и раскреплении детали. Гидроцилиндры в зависимости от вида обслуживаемого при-

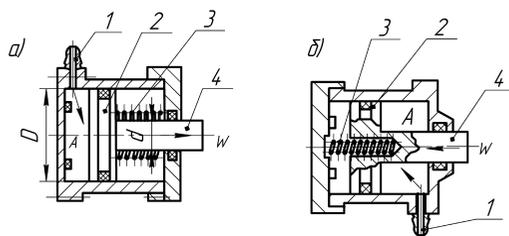


Рис. 74  
Гидроцилиндры одностороннего действия:  
а — толкающий; б — тянущий.



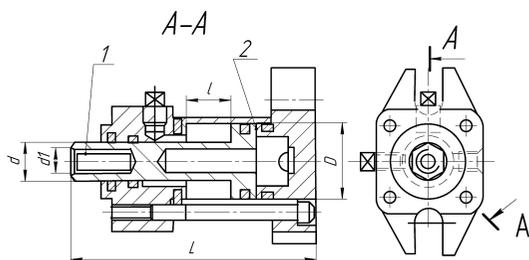


Рис. 75

Гидроцилиндр двустороннего действия

способления бывают неподвижными и вращающимися.

Размеры всех деталей, входящих в гидроцилиндры одно- и двустороннего действия, нормализованы. Цилиндры одностороннего действия изготавливают из стали 40Х, а цилиндры двустороннего действия — из холоднокатаных бесшовных труб. Поршень изготавливают заодно со штоком

или отдельно из стали 40. Наружные поверхности поршня и штока изготавливаются по 7-му квалитету точности с посадкой с зазором и шероховатостью  $Ra=0,16$  мкм.

В качестве уплотнений в соединениях поршней с цилиндрами и штоков с крышками применяют манжеты V-образного сечения и кольца круглого сечения из маслостойкой резины.

Сила на штоке для гидроцилиндров одностороннего действия (рис. 74а, б):

1) толкающих

$$W = \frac{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot \eta}{4} - P_1;$$

2) тянущих

$$W = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{4} - P_1.$$

Для гидроцилиндров двустороннего действия (рис. 75) при подаче масла:

1) в бесштоковую полость

$$W = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta}{4};$$

2) в штоковую полость

$$W = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{4},$$

где  $D$  — диаметр поршня гидроцилиндра, см;  $\rho$  — давление масла на поршень  $\rho=1,9-7,3$  МН/м<sup>2</sup>;  $\eta=0,85-0,9$  — КПД гидроцилиндра;  $P_1$  — сила сопротивления сжатой пружины при крайнем рабочем положении поршня  $H$ ;  $d$  — диаметр штока.

Задаваясь давлением масла, определяют площадь поршня:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{W}{\rho},$$

откуда диаметр (см) поршня гидроцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \rho}} = 1,13 \sqrt{\frac{W}{\rho}}.$$

Производительность, (см<sup>3</sup>/с), насосов гидравлических приводов:

$$V = \frac{F \cdot L}{t \cdot \eta_1} = \frac{W \cdot L}{\rho \cdot t \cdot \eta},$$

где  $W$  — требуемая сила на штоке гидроцилиндра;  $L$  — длина рабочего хода поршня гидроцилиндра;  $p$  — давление масла в гидроцилиндре;  $t$  — время рабочего хода поршня гидроцилиндра;  $\eta=0,85$  — объемный КПД гидросистемы, учитывающий утечки масла в золотнике и гидроцилиндре.

Время (мин) срабатывания гидроцилиндра определяется по формуле

$$t = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4 \cdot 1000 \cdot V},$$

где  $D$  — внутренний диаметр гидроцилиндра;  $L$  — длина хода поршня;  $V$  — производительность насоса. Мощность, расходуемая на привод насоса:

$$N = \frac{L \cdot Q}{75 \cdot 100 \cdot t \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{V \cdot p}{75 \cdot 100 \cdot \eta_2 \cdot 1,36},$$

где  $V$  — производительность насоса;  $\eta$  — КПД насоса и силового узла.

По сравнению с пневматическими гидравлические приводы имеют ряд преимуществ:

- высокое давление масла на поршень гидроцилиндра создает большую осевую силу на штоке поршня;
- вследствие высокого давления масла в полостях гидроцилиндра можно уменьшить размеры и вес гидроцилиндров;
- возможность бесступенчатого регулирования сил на штоке и скоростей движения поршня со штоком.

К недостаткам гидравлических приводов относятся:

- сложность гидроустановки и выделение площади для ее размещения;
- утечки масла, ухудшающие работу гидропривода;
- изменение вязкости масла при колебании температуры.

### 5.3.3. ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Пневмогидравлические приводы применяют для перемещения зажимных устройств приспособлений. Они состоят из преобразователя давления, который соединен с гидроцилиндрами приспособлений, и необходимой аппаратуры.

По виду работы пневмогидроприводы бывают с преобразователями давления прямого действия и с преобразователями давления последовательного действия.

Пневмогидравлические приводы питаются сжатым воздухом из цеховой сети через пневматическую аппаратуру под давлением 0,39–0,58 МН/м<sup>2</sup> при давлении масла в гидравлической части привода 7,89–8,0 МН/м<sup>2</sup>.

Высокое давление масла в пневмогидроприводе создается пневмогидравлическими преобразователями прямого или последовательного действия, превращающими давление сжатого воздуха в высокое давление масла.

Пневмогидравлические приводы, сочетающие в себе простоту конструкции пневматических с преимуществами гидравлических приводов, обеспечивают быстроту перемещения зажимных устройств, небольшие габариты конструкции, создание больших сил закрепления, сравнительно небольшую стоимость. Пневмогидроприводы применяют для закрепления заготовок в одно-, многоместных и многопозиционных приспособлениях в серийном производстве.

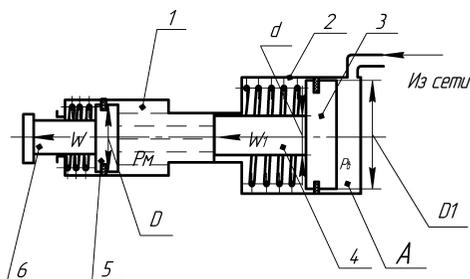


Рис. 76

Схема гидропневмопривода с пневмогидравлическим преобразователем давления прямого действия

Принципиальная схема работы пневмогидравлического привода с преобразователем давления прямого действия (рис. 76) основана на непосредственном преобразовании давления сжатого воздуха в высокое давление масла. Пневмогидропривод состоит из пневмоцилиндра 2 одностороннего действия с поршнем 3 и гидравлического цилиндра 1 одностороннего действия с поршнем 5. Сжатый воздух поступает из воздушной сети через распределительный кран в бесштоковую полость А пневмоцилиндра 2 и перемещает поршень 3 со штоком 4 влево. Шток 4 давит на масло, которое перемещает в гидроцилиндре 1 поршень 5 со штоком 6 влево. При этом шток 6 через промежуточные звенья перемещает зажимные устройства приспособления при закреплении заготовки. При раскреплении детали поршни 3 и 5 со штоками и пружинами перемещаются вправо.

При равновесии привода, т. е. давления между воздухом и маслом в пневмогидравлическом преобразователе (без учета трения):

$$\rho_m \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \rho_v \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2}{4},$$

откуда давление масла в гидроцилиндре 1

$$\rho_m = \rho_v \cdot \frac{D_1^2}{d^2},$$

где  $\rho_m$  — давление масла в гидроцилиндре;  $\rho_v$  — давление воздуха в пневмоцилиндре;  $D_1$  — диаметр поршня пневмоцилиндра;  $d$  — диаметр штока плунжера.

Отношение

$$i = \frac{\rho_m}{\rho_v} \cdot \frac{D_1^2}{d^2}$$

является коэффициентом усиления давления. При проектировании принимают  $i = 16-21$ .

Сила на штоке рабочего гидроцилиндра (без учета сопротивления возвратной пружины), но с учетом механического КПД

$$W = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho_m \cdot \eta.$$

Подставив вместо  $\rho_m$  его значение, тогда

$$W = \rho_v \cdot \frac{D_1^2}{d^2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta.$$

Обозначим

$$\rho_v \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = W_1.$$

Подставив в равенство значение силы  $W$  и произведя преобразования, получим:

$$W_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot \rho_B \cdot \eta;$$

$$W = W_1 \cdot \frac{D^2}{d^2} \cdot \eta,$$

где  $D$  — диаметр поршня гидроцилиндра;  $\eta = 0,8-0,85$  — коэффициент полезного действия;  $W$  — сила на штоке пневмоцилиндра. Величина хода штока пневмоцилиндра

$$\frac{L \cdot \pi \cdot d^2}{4} = \frac{l \cdot \pi \cdot D^2}{4},$$

откуда

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

С учетом  $\eta_0$ , определяющего потери масла на утечку,

$$L = l \left( \frac{D}{d} \right)^2 \cdot \frac{\eta}{\eta_0},$$

где  $L$  — ход штока пневмоцилиндра;  $l$  — ход штока рабочего гидроцилиндра;  $\eta_0 = 0,95$  — объемный КПД привода.

Из выражения

$$W = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho_M$$

определяется диаметр рабочего гидроцилиндра (без учета КПД):

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \rho_M}}.$$

После вычисления получим

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{\rho_M}}.$$

Диаметр штока пневмоцилиндра

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

Из формулы

$$\rho_M = \rho_B \cdot \left( \frac{D_1}{d} \right)^2 \cdot \eta$$

определяется диаметр (см) пневмоцилиндра:

$$D_1 = d \sqrt{\frac{\rho_M}{\rho_B \cdot \eta}}.$$

Приняв давление сжатого воздуха  $\rho_B = 0,39$  МН/м<sup>2</sup> и КПД привода  $\eta = 0,8$ , подставив в формулу и преобразовав ее, получим

$$D_1 = 0,56 \cdot d \cdot \sqrt{\rho_M}.$$

Объем сжатого воздуха, расходуемого за один цикл закрепления детали в приспособлении:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D_1^2 \cdot L,$$

где  $D_1$  — диаметр поршня пневмоцилиндра;  $L$  — длина хода поршня со штоком пневмоцилиндра.

#### 5.3.4. МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

В приспособлениях, требующих больших сил закрепления, применяют ручные механогидравлические приводы, которые состоят из ручного винтового зажима и гидравлического цилиндра (рис. 77).

Во время поворота рукоятки 1 винт 2 через плунжер 8 вытесняет масло из резервуара 3 в нижнюю полость цилиндра 4. При этом поршень 7 со штоком 5 перемещается вверх, и шток через промежуточные звенья закрепляет заготовку. После обработки, вращая рукоятку 1, винт 2 перемещается вправо, возвратная пружина 6 перемещает шток с поршнем вниз, и деталь раскрепляется.

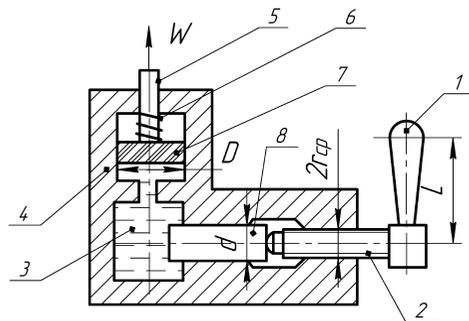


Рис. 77

Схема механогидравлического привода

Сила на штоке гидроцилиндра механогидравлического привода:

$$W = \frac{P \cdot L}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \cdot \frac{D^2}{d^2} - P_1,$$

где  $W$  — сила на штоке;  $P$  — сила, прикладываемая рабочим к рукоятке винта,  $L$  — расстояние от точки приложения силы до оси винта;  $r_{cp}$  — средний радиус резьбы винта,  $D$  — диаметр поршня гидроцилиндра,  $d$  — диаметр штока плунжера,  $\alpha \approx 2^\circ 30' - 3^\circ 30'$  — угол подъема резьбы;  $\varphi \approx 6^\circ 34'$  — угол трения в резьбовом соединении,  $\eta = 0,9$  — коэффициент, учитывающий трение в уплотнениях,  $P_1$  — сила сопротивления возвратной пружины.

#### 5.4. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

Электромеханический привод применяют для перемещения зажимных устройств приспособлений, используемых на токарно-револьверных, фрезерных, агрегатных станках и автоматических линиях. Приспособления-спутники для установки заготовок, обрабатываемых на автоматических линиях, имеют винтовые зажимы, вращаемые от электромеханического привода (электроключей).

Электромеханический привод состоит из электромотора, редуктора и винтовой пары (рис. 78). На рисунке 78а приведена схема зажимного устройства с электромеханическим приводом для вращающегося приспособления. От мотора 1 вращение через редуктор 2 и муфту 3 с зубьями на торцах переда-

ется на винт 4, который перемещает вправо или влево гайку 5, связанную со штоком 6, которая перемещается в направляющей 11. Во время перемещения штока 6 влево втулка 7, жестко закрепленная на его конце, поворачивает на оси рычаг 8, горизонтальное плечо которого передвигает кулачки 9 патрона к центру, и заготовка 10 закрепляется. При реверсировании вращения ротора электродвигателя 1 шток 6 движется вправо, втулка 7 поворачивает рычаг 8 на оси, его горизонтальное плечо переместит кулачки 9 от центра и деталь раскрепится. Когда достигнута заданная сила закрепления, правая часть муфты 3, установленная на штоке, преодолевает сопротивление пружины и отжимается вправо, но вследствие трапецевидной формы зубьев проскальзывает. Пружина служит для регулирования величины передаваемого муфтой 3 крутящего момента  $M$ .

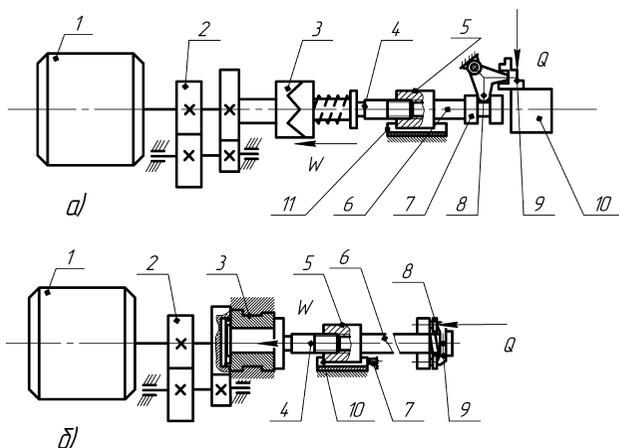


Рис. 78

Схемы зажимных устройств с электромеханическим приводом:  
*а* — для вращающегося приспособления;  
*б* — для стационарного приспособления.

На рисунке 78*б* дана схема электромеханического привода без муфты для перемещения зажимных устройств в стационарном приспособлении.

От электродвигателя 1 вращение через редуктор 2 передается зубчатому колесу 3, свободно сидящему на валу 4. Внутри зубчатого колеса 3 имеется выступ, который зацепляется с выступом на валу 4. В зависимости от направления вращения вал 4 резьбовым концом перемещает гайку 5,двигающуюся в направляющей 10 со штоком 6 вправо при раскреплении деталей 8 прихватом 9 и влево — при закреплении заготовок. При закреплении заготовок прихватом с требуемой силой момент на валу электродвигателя и сила тока значительно возрастают. В это время реле тока выключит электродвигатель.

При раскреплении выключение электродвигателя производится путевым выключателем 7.

Тяговая осевая сила  $H$  электропривода, создаваемая крутящим моментом электродвигателя:

$$W = \frac{M_{кр} \cdot \eta \cdot i}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = 71260 \cdot \frac{N \cdot \eta \cdot i}{n \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где  $M_{кр}$  — крутящий момент двигателя;  $N$  — мощность двигателя;  $n$  — число оборотов электродвигателя в минуту;  $r_{cp}$  — средний радиус резьбы винта;  $\varphi$  — угол трения в резьбовом соединении;  $\alpha$  — угол подъема резьбы винта;  $i$  — передаточное отношение редуктора;  $\eta$  — КПД редуктора.

## 5.5. ВАКУУМНЫЕ ПРИВОДЫ

Вакуумные приводы приспособлений применяют для непосредственной передачи атмосферного давления на закрепляемую заготовку. В приспособлениях с вакуумным зажимом между базовой поверхностью заготовки и полостью приспособления создается разрежение — вакуум, и обрабатываемая заготовка закрепляется к опорным поверхностям приспособлений избыточным атмосферным давлением. Приспособления с вакуумным зажимом применяют при чистой обработке заготовок нежестких деталей, которые могут деформироваться при приложении сил закрепления на небольших поверхностях.

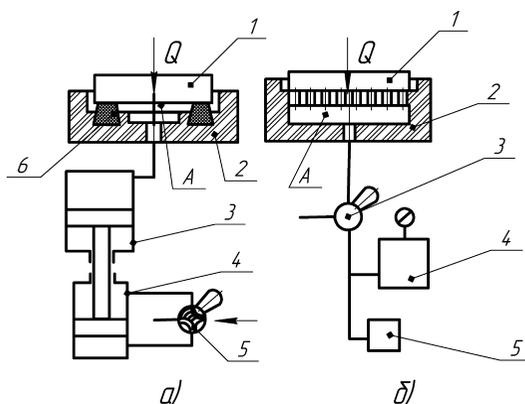


Рис. 79

Схемы вакуумных приводов:

- а — с применением пневмоцилиндра;  
б — с применением вакуумного насоса.

На рисунке 79 приведены схемы вакуумных приводов. Вакуум может создаваться при помощи пневмоцилиндра (рис. 79а). В корпусе 2 приспособления имеется центрирующая выточка, в которую плоской базовой поверхностью устанавливается обрабатываемая заготовка 1. Между нижней поверхностью заготовки 1 и корпусом 2 приспособления образуется изолированная от атмосферы полость А, соединенная каналом с вакуумным цилиндром 3, работающим от пневмоцилиндра 4 с распределительным краном 5. При создании вакуума в полости А избыточное атмосферное давление равномерно

закрепляет заготовку 1 к установочной поверхности корпуса 2 приспособления. Герметичность полости А приспособления обеспечивает резиновый уплотнитель 6. После обработки полость А сообщается с атмосферой, и деталь раскрепляется.

Сила закрепления  $Q$  заготовки в приспособлении зависит от величины полезной площади вакуумной полости и избыточного давления:

$$Q = F_n \cdot P_n \cdot k,$$

где  $F_n$  — полезная площадь полости А приспособления, ограниченная резиновым уплотнителем 6 или плитой;  $P_n$  — избыточное давление, равное разности между атмосферным давлением и остаточным давлением в вакуумной полости А приспособления;  $k = 0,8 - 0,85$  — коэффициент герметичности вакуумной системы

$$P_n = 1 - p,$$

где  $p$  — остаточное давление в вакуумной полости приспособления.

В приспособлении с вакуумным приводом избыточное давление  $P_n$  необходимо для обеспечения надежного закрепления заготовки.

В корпусе приспособления 2 (рис. 79б) для равномерного закрепления заготовки 1 к плите на ее установочной поверхности имеется большое количество мелких отверстий, сообщающихся при ее закреплении с вакуумной полостью А.

Приспособление с вакуумным приводом включает распределительный кран 3, ресивер 4 для быстрого образования вакуума в полости А приспособления и насос 5. Образование вакуума в индивидуальных и групповых устройствах создается центробежными многоступенчатыми насосами, поршневыми одно- и двухступенчатыми насосами.

Управление вакуумным приспособлением производится четырехходовым или трехходовым краном, который подключает вакуумное приспособление к пневмоцилиндру или к насосу или соединяет вакуумную полость приспособления с атмосферой. Сила закрепления заготовки в вакуумном приспособлении контролируется ртутным манометром.

Вакуумные приспособления применяют для закрепления заготовок тонких пластинчатых деталей при чистовой обработке.

## 5.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРИВОДЫ

На рисунке 80 приведены схемы магнитных приводов. Магнитная сила может создаваться электромагнитом или постоянным магнитом. На схемах закрепление заготовки 1 на установочной поверхности приспособления производится рабочий магнитный поток  $\Phi_p$ , являющийся частью полного магнитного потока, образуемого электромагнитными катушками или постоянными магнитами. Поток  $\Phi_p$  подводится к рабочему зазору по стальным магнитопроводам. Так как магнитный поток непрерывный, то, производя работу, он должен снова вернуться к источнику энергии, следовательно, магнитная цепь, по которой проходит магнитный поток, должна быть замкнутой.

В электромагнитном приспособлении (рис. 80а) такая магнитная цепь состоит из электромагнитных катушек 5, которые являются источником энергии магнитопровода 3. Основание 6 приспособления представляет собой часть сердечника электромагнитной катушки, которая в данном случае как бы разделена на две части.

Чтобы магнитный поток прошел через рабочий зазор  $\delta$ , магнитопроводы 3 изолированы от корпуса адаптерной плиты 2 приспособления немагнитной прокладкой 4.

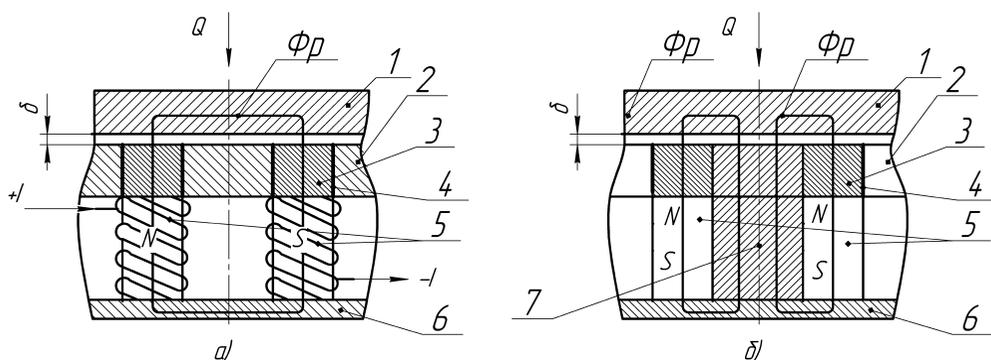


Рис. 80

Схемы магнитных приводов:

а — с электромагнитом; б — с постоянным магнитом.

В магнитном приспособлении (см. рис. 80б) магнитная цепь, по которой проходит рабочий поток, состоит из постоянных магнитов 5, являющихся источником энергии, магнитопровода 3, обрабатываемой заготовки 1, магнитопровода 7 и основания 6. Магнитный поток снова возвращается в постоянный магнит 5.

В станочных приспособлениях с электромагнитным и магнитным приводами рабочий магнитный поток, создаваемый электромагнитными катушками или постоянными магнитами, образует силу, которая производит закрепление заготовки на плоскости магнитного приспособления.

В магнитных приспособлениях рабочий магнитный поток проходит через обрабатываемую заготовку, которая является частью магнитопровода. Сопротивление магнитопровода в основном зависит от магнитной проницаемости материала участков магнитопровода, поэтому электромагнитные и магнитные приспособления применяют для закрепления заготовок из материала с большой магнитной проницаемостью. Большую магнитную проницаемость имеют незакаленные стали, меньшую — чугуны, весьма небольшую — закаленные и легированные стали.

Электромагнитные приводы встраивают в плиты, патроны, на верхней плоскости которых обработанной поверхностью устанавливают детали. Питание электромагнитных плит производится постоянным током (110 или 220 В) от моторгенераторов или селеновых выпрямителей.

Сила закрепления заготовки на электромагнитной плите зависит от габаритных размеров детали и ее размещения на столе, удельного притяжения плиты. Она возрастает до определенной величины с увеличением толщины и площади поперечного сечения заготовки. Сила закрепления уменьшается с увеличением шероховатости базовой поверхности заготовки. Для надежного закрепления заготовка на электромагнитной плите должна перекрыть расположенные между двумя смежными вставками два соседних участка.

Основные размеры и технические характеристики прямоугольных магнитных плит стандартизованы. Сердечники электромагнитов и полюса крышки изготавливают из стали 10, а остальные детали плит — из стали 10 и 15 или чугуна СЧ12. Рабочая поверхность плиты или планшайбы должна быть обработана и иметь шероховатость  $Ra=0,4$  мкм, и отклонение от прямолинейности не должно превышать 0,02 на длине 300 мм. Питание электромагнитных плит производится постоянным током напряжением 24, 48, 110 и 220 В от моторгенераторов или селеновых выпрямителей.

При проектировании электромагнитных плит (планшайб) исходными данными являются: необходимая сила закрепления, сила резания, форма, размеры обрабатываемой заготовки в плане, ее материал. Сила закрепления определяется силой резания:

$$Q = \frac{P_{\text{рез}}}{f},$$

где  $P_{\text{рез}}$  — сила резания, стремящаяся сдвинуть заготовку;  $f=0,1-0,15$  — коэффициент трения между базовой плоскостью заготовки и плитой.

В зависимости от формы и размеров изготавливаемой детали выбирают число пар полюсов  $2P$ .



Сила закрепления, приходящаяся на одну пару полюсов:

$$Q' = \frac{Q}{2P}.$$

Площадь поперечного сечения сердечника:

$$F' = \frac{25Q \cdot 10^6}{B^2},$$

где  $B$  — магнитная индукция материала полюса. Общее сопротивление магнитопровода:

$$R = \frac{l_1}{\mu_1 \cdot F_1} + \frac{l_2}{\mu_2 \cdot F_2} + \dots + \frac{l_n}{\mu_n \cdot F_n},$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина каждого участка магнитопровода,  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  — магнитная проницаемость материала каждого участка замкнутого магнитного потока;  $F_1, F_2, \dots, F_n$  — площади поперечных сечений участков магнитопровода.

Общий магнитный поток (с учетом 30 % потерь):

$$\Phi = 0,7BF'.$$

Число ампер-витков катушки

$$I \cdot \omega_0 = \frac{\Phi \cdot R}{0,4\pi},$$

где  $I$  — сила тока (силой тока задаются);  $\omega_0$  — количество витков катушки.

Магнитный привод применяют в приспособлениях (плиты, столы) для горизонтально-фрезерных и плоскошлифовальных станков.

Преимущества приспособлений с магнитным приводом:

- они безопасны в работе, так как не связаны с каким-либо источником тока;
- не расходуют электроэнергию;
- весьма долговечны в работе.

Недостатки электромагнитных и магнитных приводов приспособлений:

- получение меньшей силы закрепления деталей по сравнению с механизированными приводами;
- на них нельзя закреплять заготовки из немагнитных материалов.

Электромагнитные и магнитные плиты и патроны применяют для установки и закрепления заготовок, обрабатываемых шлифованием, чистовым фрезерованием, точением.

## 5.7. ЦЕНТРОБЕЖНО-ИНЕРЦИОННЫЕ ПРИВОДЫ И ПРИВОДЫ ОТ ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСТЕЙ СТАНКА И СИЛ РЕЗАНИЯ

Такие приводы применяют для быстроходных станков токарной группы. Грузы обычно размещают на шпинделе станка. Преимущества этих устройств в том, что они не требуют дополнительного источника энергии, просты в изготовлении и эксплуатации, включаются автоматически. На рисунке 81 показана схема центробежно-инерционного привода. Он состоит из корпуса 1, в котором грузы 2 надеваются на большие плечи рычагов 5, меньшие плечи связаны с тягой 6, пропущенной через полость шпинделя 7. Сам привод закреплен на заднем конце шпинделя 7.

При вращении шпинделя 7 грузы расходятся, поворачивая рычаги вокруг осей 4; при этом тяга 6 перемещается и приводит в действие зажимной механизм, установленный на переднем конце шпинделя станка. Возвращение грузов и раскрепление детали производится пружинами 3. Регулирование силы закрепления производится перемещением грузов по рычагам.

Силу тяги рассчитывают по формуле

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

где  $G$  — вес груза;  $\omega$  — угловая скорость вращения относительно оси шпинделя;  $g$  — ускорение силы тяжести;  $q$  — сила сопротивления пружины;  $n$  — число грузов.

На сверлильных и фрезерных станках для привода зажима часто используют движение подачи. Зажимной механизм в этом случае обязательно содержит упругое звено, необходимое для компенсации колебаний размера заготовок, а также пружину, мембрану и т. п.

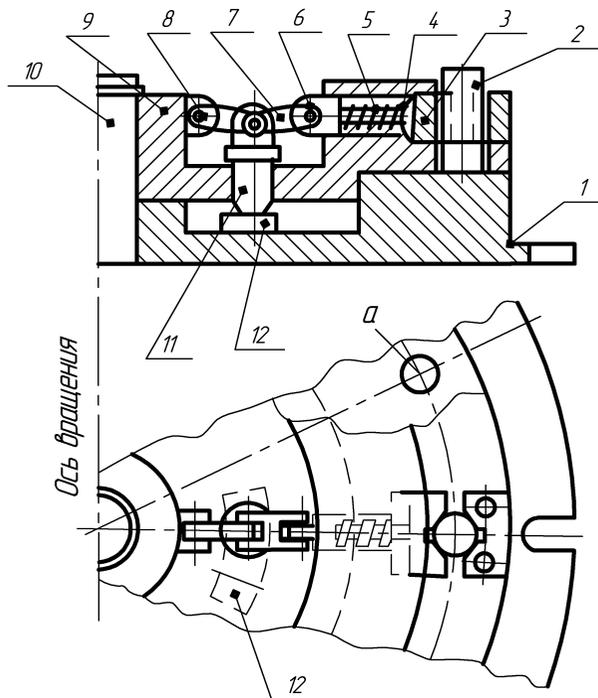


Рис. 82

Привод зажимных механизмов нескольких приспособлений на вращающемся столе

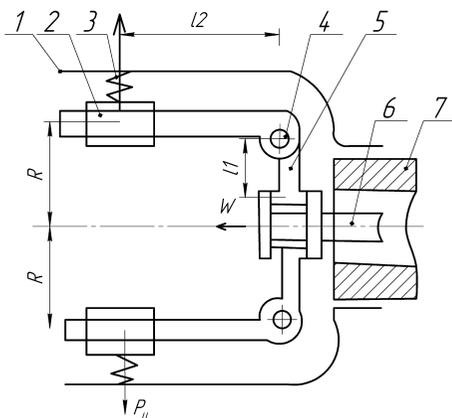


Рис. 81

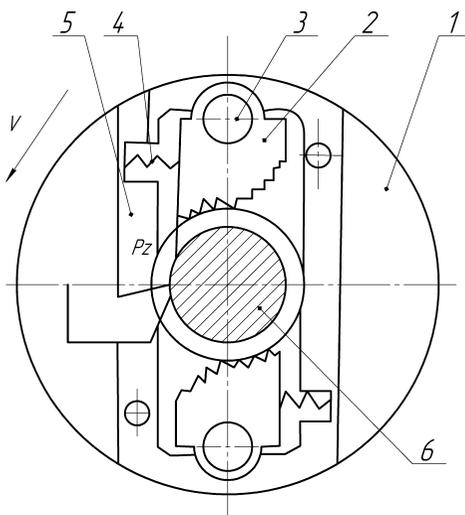
Схема центробежно-инерционного привода

На рисунке 82 показан пример использования подачи вращающегося стола фрезерного станка для привода зажимных механизмов нескольких приспособлений.

На вращающейся планшайбе 9, закрепленной на оси 10, имеются отверстия, в которые вставляются заготовки 2. Вместе с планшайбой вращаются зажимные механизмы, состоящие из плунжеров 11, шарнирных рычагов 7 и 8, штоков 6 и подвижных призм 3. На неподвижном основании 1 стола в зоне обработки закреплен копир 12 с заходным скосом. Когда очередная заготовка подходит к зоне обработки, плунжер 11 поднимается по копиру и через шарнирно-рычажный механизм и мембрану 4 призмой 3 прижимает заготовку. По окончании

обработки плунжер 11 соскакивает с копира, пружина 5 возвращает систему в исходное положение, а готовая деталь через отверстие *a* в основании стола проваливается в бункер.

Примером привода от сил резания может служить поводковый патрон 1 с эксцентриковыми кулачками 2, применяемый на токарных многорезцовых станках (рис. 83). Заготовку 6 устанавливают в центрах. При установке кулачки пружинами 4 прижимаются к заготовке. При резании сила  $P_z$  стремится повернуть заготовку, а вместе с ней — кулачки вокруг оси 3, в результате чего заготовка заклинивается между кулачками. Для обеспечения равномерного закрепления кулачки монтируются на плавающем ползуне 5. Для раскрепления детали ее следует повернуть против часовой стрелки при остановленном шпинделе. Угол подъема спирали кулачков 12–20°. Такие патроны закрепляют заготовку тем сильнее, чем больше сила  $P_z$ . При проектировании таких патронов необходимо правильно выбрать эксцентриситет кулачков, исходя из условий надежного закрепления заготовок с изменением диаметра в пределах допуска. Величину эксцентриситета кулачка определяют по известным формулам для эксцентриковых зажимов.



**Рис. 83**  
Поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

### 6.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

**П**роектирование любого изделия включает в себя разработку комплексной технической документации, содержащей чертежи, расчеты, технико-экономические обоснования, пояснительную записку и другие материалы, необходимые для производства изделия (ГОСТ 2.103-68/СТ СЭВ 208-75). Установлены следующие стадии разработки конструкторской документации: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация. Таким путем могут разрабатываться и приспособления. Однако на практике при проектировании приспособлений, как правило, ограничиваются разработкой технического проекта и конструкторской рабочей документации. Задание на проектирование разрабатывает технолог. Конструктор получает информацию об обработанных и обрабатываемых на данной операции поверхностях заготовки, а также о типе станка и режимах резания. Часто в задании указываются базы для базирования заготовки в приспособлении на данной операции, а также схемы для ее закрепления. Если эти указания конструктору не даны, он должен выбрать их самостоятельно.

На этапе проектирования приспособления обосновывают и рассчитывают отдельные элементы приспособлений, определяют техническую и экономическую целесообразность возможных вариантов конструкции приспособлений с точки зрения обеспечения требуемой точности.

Последовательность разработки приспособления.

1. Исходя из схемы базирования обрабатываемой детали, точности и шероховатости базовых поверхностей, определяют тип и размер установочных элементов, их число, взаимное расположение и рассчитывают составляющую погрешности установки.

2. Исходя из заданной производительности операции, определяют тип приспособления (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное).



3. По заданным режимам резания (или силам резания) и выбранной схеме установки составляется схема действия сил на деталь, выбирают точку приложения и направление силы зажима и рассчитывают ее величину. Рассчитываются погрешности закрепления.

4. По силе зажима, числу мест ее приложения выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные конструктивно-размерные параметры и величину необходимой исходной силы привода.

5. По силе тяги и регламентированному времени на закрепление и открепление детали выбирают тип силового привода и рассчитывают его размеры. По нормалам и ГОСТам выбирают их стандартные размеры.

6. Устанавливаются тип и размеры элементов для определения положения и направления режущего инструмента.

7. Выбирают необходимые вспомогательные устройства, определяют их конструкцию, размеры, расположение.

8. Разрабатывают общий вид приспособления и определяют точность его исполнительных размеров.

9. Рассчитывают на прочность и износостойчивость нагруженные и движущиеся элементы приспособления.

10. Рассчитывают экономическую целесообразность разработанной конструкции приспособления.

## 6.2. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Для правильного решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь полные исходные данные.

1. Чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах и допусках на деталь, припусках, шероховатости поверхностей, материале детали, местах разреза штампов и т. д.

2. Эскизы на предшествующую и выполняемую операции. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях: показывают, какие поверхности уже обработаны, а какие еще нет; из них видна точность обработки.

3. Карты технологического процесса обработки детали, в которых указаны последовательность и содержание операций, базирование, применяемые инструменты и оборудование, режимы резания, проектная норма штучного времени с выделением времени на базирование, закрепление и снятие детали.

4. В тех случаях, когда неизвестна производительность операции и не оговорено вспомогательное время, должен указываться объем выпуска деталей.

5. ГОСТы и нормалы на детали и узлы станочных приспособлений, альбомы нормализованных конструкций приспособлений, паспорта или данные о размерах посадочных мест станков.

Прежде чем приступить к конструированию приспособления, конструктор должен тщательно изучить исходные данные. Целесообразно определить технологические возможности того производства (цеха), где будет изготавливаться приспособление, выявить наличие нормализованных заготовок, деталей и узлов приспособлений, изучить работу аналогичных приспособлений.

### 6.3. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Для разработки технического задания на проектирование необходимо иметь полные исходные данные. Исходными данными для проектирования приспособлений являются следующие составляющие.

1. Рабочий чертеж обрабатываемой заготовки со всеми техническими условиями на изготовление.
2. Техническое задание на проектирование приспособления.
3. Альбомы применяемых на заводе нормализованных конструкций приспособлений.
4. Паспортные данные станка, на котором производится обработка, нужные для проектирования приспособления.

Техническое задание на проектирование приспособления (п. 2) и сведения о станке (п. 4), которые технолог должен сообщить конструктору. Перед началом конструирования приспособления техническое задание рассматривается совместно технологом и конструктором, после чего оно выдается либо в виде операционного эскиза с технологической картой, либо в виде чертежа детали с необходимыми указаниями.

Техническое задание должно содержать следующие элементы.

1. Описание операции, последовательность и содержание переходов.
2. Операционный эскиз обрабатываемой заготовки с указанием схем базирования и закрепления.
3. Размеры технологических баз и состояние их поверхностного слоя.
4. Размеры обрабатываемых поверхностей.
5. Указания о станке, на котором производится операция, применяемом инструменте, режимах резания и сил резания.
6. Указания технолога по выбору типа приспособления, степени универсальности приспособления, рекомендуемому виду зажимных устройств.
7. Штучное и вспомогательное время для выполнения операции.

Если при проработке исходных данных конструктор создаст более рациональную схему приспособления, улучшающую построение операции, то после согласования с технологом эти изменения вносятся в технологический процесс.

**Процесс разработки технического задания.** Производится разработка маршрутного технологического процесса изготовления заготовки с целью определения места той операции, для которой проектируется приспособление. Это поможет составить представление о состоянии тех поверхностей заготовки, которые необходимо использовать при базировании.

Примерную последовательность данной работы можно представить следующей схемой:

- выявить необходимость расчленения процесса изготовления детали на операции черновой, чистовой и отделочной обработки различных поверхностей;
- отделочная обработка выполняется на конечной стадии процесса;
- соосные поверхности вращения и прилегающие к ним торцевые поверхности, а также плоские поверхности, обрабатываемые в несколько позиций, требуют обработки с одной установки;

- в самостоятельную операцию выделяются: обработка зубьев колес, нарезание шлицев, обработка пазов, сверление отверстий и др.;
- на первом этапе обрабатываются те поверхности, которые будут использоваться в качестве установочных баз на второй и/или последующих операциях механической обработки.

**Выбор схемы базирования и закрепления.** Для этого анализируется прилагаемый эскиз заготовки, который должен выполняться во всех необходимых проекциях и содержать все необходимые технические требования, которые выдерживаются на данной операции. Выбор схемы базирования заготовки в приспособлении зависит от вида выбранных технологических баз и от точности их выполнения на предыдущей операции. Базирование заготовки в приспособлении производится, как правило, двумя или тремя базами, причем оно сводится, по существу, к базированию ее отдельных баз. В группе баз значимость каждой из них для данной операции неодинакова. Среди них выделяется главная база. Заготовка, поставленная этой базой в приспособление, получает полную ориентировку, лишаясь трех или четырех степеней свободы. Наиболее полно такому требованию отвечает плоская поверхность заготовки, располагающаяся снизу и обладающая наибольшими габаритными размерами. Если у заготовки такой поверхности нет, то выбирают другую, достаточной протяженности — боковую плоскость, цилиндрическое отверстие, цилиндрическую наружную поверхность и другие. Определяем, относительно каких осей заготовка лишается степеней свободы при базировании главной базой. Затем намечаются дополнительные базы, и на них распределяются опорные точки таким образом, чтобы не было дублирования функций, выполняемых опорными точками главной базы. На операционный эскиз необходимо нанести опорные точки на главную и дополнительную базы. На используемую для базирования поверхность заготовки наносятся идеальные опорные точки. Согласно ГОСТ 21495-76, идеальная опорная точка обозначается символами « $\nabla$ » для вида сбоку и « $-\diamond-$ » для вида сверху. Выбор схемы закрепления заготовки производят одновременно с разработкой схемы базирования. При этом необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- для обеспечения контакта заготовки с опорными элементами и устранения возможного ее сдвига зажимное усилие следует направить перпендикулярно к поверхности опорного элемента (идеальной опорной точке);
- для уменьшения вибрации и деформации заготовки под действием сил резания следует повышать жесткость системы заготовка – приспособление путем увеличения числа мест зажатия заготовки и приближения их к обрабатываемой поверхности.

**Выбор технологических баз.** Состояние поверхностного слоя детали должно быть указано на операционном чертеже заготовки. Поверхности, используемые в качестве технологических баз, должны обладать наибольшими габаритными размерами и низкой шероховатостью поверхности. Размеры обрабатываемых поверхностей должны давать полное представление о геометрическом элементе, выполняемом на заготовке, и указываться на операционном чертеже заготовки во всех необходимых проекциях.



**Выбор станка и инструмента.** При выборе станка необходимо учитывать следующие факторы:

- размеры рабочей зоны станка должны соответствовать габаритам одной или нескольких обрабатываемых деталей;
- возможность достижения при обработке требуемой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности;
- соответствие мощности, жесткости и кинематических данных оборудования наивысшим режимам резания при выполнении операции;
- обеспечение необходимой производительности в соответствии с заданной программой выпуска детали.

Выбор режущего инструмента производится с учетом метода обработки, материала обрабатываемой детали, размера и конфигурации обрабатываемой поверхности. В первую очередь ориентируются на применение стандартного инструмента.

**Выбор схемы приспособления.** Схема конструируемого станочного приспособления в основном определяется принятым построением данной операции обработки. В предложенной схеме приспособления должен быть четко оговорен принцип его действия:

- по числу одновременно устанавливаемых заготовок — одно- или многоместное приспособление;
- по числу используемых инструментов — одно- или многоинструментальное приспособление;
- по единовременному использованию нескольких инструментов — одно- и многостороннее приспособление;
- по порядку применения инструмента и расположения заготовок — приспособления для последовательной, параллельной и последовательно-параллельной обработки (этот признак оказывает влияние на компоновочные и конструкционные решения в части размещения установочных, зажимных и поворотных элементов приспособления).

Выбор схемы приспособления зависит от типа производства, который можно определить по коэффициенту серийности:

$$K_{\text{сер}} = \frac{\tau}{T_{\text{шт}}}, \quad \tau = 60F \dots N,$$

где  $\tau$  — такт выпуска;  $F$  — действительный годовой фонд работы оборудования (ч), при двухсменной работе  $F = 4015$  ч;  $N$  — годовая программа выпуска;  $T_{\text{шт}}$  — штучное время выполнения операции, для которой предполагается использовать приспособление:

$$T_{\text{шт}} = \varphi k d,$$

где  $\varphi$  — коэффициент, зависящий от типа применяемого оборудования;  $k$  — коэффициент, характеризующий метод обработки;  $d$  — геометрические размеры обрабатываемой детали.

Если  $K_{\text{сер}} = 1$ , то производство массовое. В этом случае приспособление должно содержать в себе присутствие всех трех признаков и иметь автоматизированный привод для создания зажимного усилия.



## 6.4. РАСЧЕТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ

### 6.4.1. РАСЧЕТ НА ЖЕСТКОСТЬ

Для получения деталей заданной точности (заготовок) конструируемое приспособление должно обладать достаточной жесткостью. Жесткость обеспечивается в первую очередь в направлении действия сил резания и закрепления. Для повышения жесткости следует применять конструкции с наименьшим количеством стыков, уменьшать зазоры в соединениях и устранять внецентренное приложение нагрузки. Целые и сварные конструкции являются более предпочтительными, чем сборные.

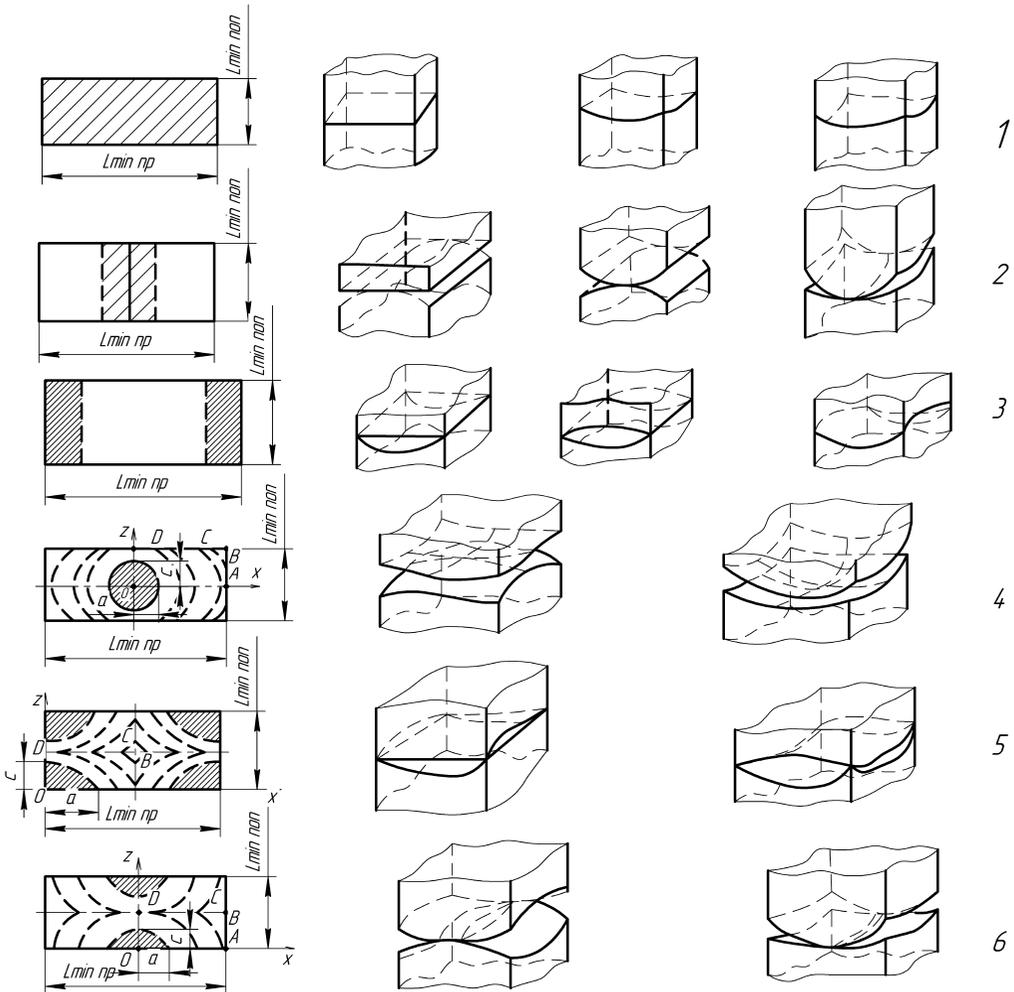


Рис. 84

Схема контактов поверхностей:

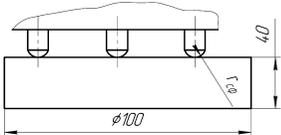
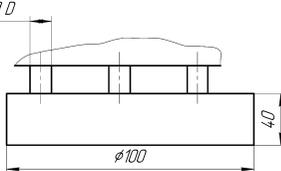
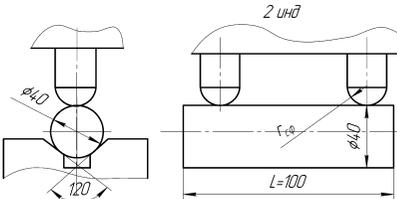
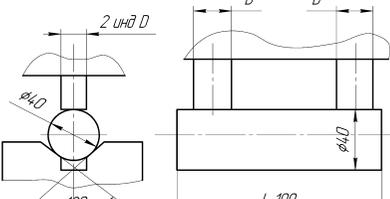
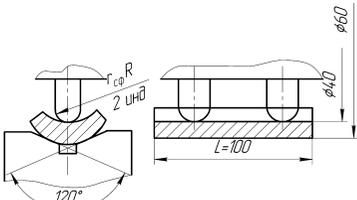
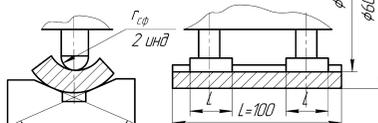
- 1 — сплошной первоначальный контакт; 2 — первоначальный контакт по одной линии;
- 3 — первоначальный контакт по двум параллельным линиям;
- 4-6 — первоначальный контакт в одной, четырех и двух точках соответственно.

Контактную жесткость стыков, работающих на сжатие, повышают, уменьшая шероховатость и волнистость сопрягаемых поверхностей, применяя шлифование или шабрение. Возможность контактных деформаций в неподвижных стыках снижают сильной предварительной затяжкой их крепежных деталей. Плоские стыки менее жестки на изгиб, чем на кручение. При работе круглого стыка на кручение более благоприятно равномерное расположение болтов. В стыках, работающих на изгиб, рекомендуется располагать болты неравномерно — по возможности смещая их как можно дальше от нейтральной оси.

Жесткость шлифованных стыков мало отличается от стыков с шабреными и притертыми плоскостями. Очевидно, что контактная жесткость закаленных деталей выше, чем у сырых. Строганые поверхности при совпадении рисок обработки имеют также высокую жесткость. Следует отметить, что для повышения контактной жесткости и демпфирующих свойств сопрягаемые поверхности садят на тонкую клеевую прослойку.

Таблица 5

Схемы и размеры образцов для проведения испытаний на контактную жесткость

Испытываемая поверхность	Вид контроля, форма рабочей поверхности индентора и схема расположения инденторов	
Плоская	<p>Контактная жесткость с учетом только шероховатости поверхности: 3 индентора со сферическим основанием</p> 	<p>Контактная жесткость с учетом шероховатости и волнистости поверхности: 3 индентора с плоским основанием</p> 
Наружная цилиндрическая	<p>2 индентора со сферическим основанием</p> 	<p>2 индентора с плоским основанием</p> 
Внутренняя цилиндрическая	<p>2 индентора со сферическим основанием</p> 	<p>2 индентора с плоским основанием</p> 

Естественно, что, для того чтобы приспособление обладало высокой жесткостью, составляющие его детали и узлы должны обладать высокой жесткостью при изгибе и кручении.

Корпус является главной несущей деталью приспособления, воспринимающей всю основную нагрузку и поэтому не должен деформироваться. Но важно выдержать определенное равновесие, так как приспособление не должно деформировать стол станка, на котором он закреплен.

В зависимости от величины и формы контактирующих поверхностей будут иметь место различные схемы их первоначального контакта (см. рис. 84).

Контактную жесткость определяют с использованием образцов (табл. 5), изготовленных из того же материала, что и реальные детали, а исследуемые поверхности обработаны при аналогичных условиях.

#### 6.4.2. РАСЧЕТ НА ТОЧНОСТЬ

Существует три группы размеров, различающихся по точности исполнения.

1. Размеры сопряжений, от которых зависит точность обработки (например, расстояние между осями кондукторных втулок; неточность этого размера непосредственно влияет на точность обработки)\*.

2. Размеры сопряжений, от которых не зависит точность обработки (например, размеры сопряжений зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных механизмов).

3. Свободные размеры обработанных и необработанных поверхностей.

Допуски на размеры первой группы обычно берут в 2–3 раза меньше допусков на размеры, выдерживаемые при обработке. В особых случаях (при обработке деталей высокой точности) допуск регламентируется специальными техническими требованиями. Ужесточением допуска в указанных пределах, как показывает опыт эксплуатации приспособлений, обеспечивается выдерживание заданной точности обработки.

При предварительной обработке (11-й квалитет и ниже) относительная точность может быть повышена (1/5–1/10 допуска), что обусловлено высокой точностью обработки в инструментальных цехах. При допуске на деталь по 12–14-му квалитетам точности соотношение 1/5–1/10 приводит к допускам на соответствующие детали приспособления примерно по 7–9-му квалитетам.

Допуски на размеры второй группы определяют в зависимости от назначения механизма, характера и условий работы рассматриваемого сопряжения. Эти допуски обычно берут по 7–9-му квалитетам точности.

Допуски на размеры третьей группы для обработанных поверхностей выполняют по 14-му квалитету точности, а необработанных — по 16-му.

Назначение допуска на размеры первой группы должно опираться не только на практические правила, изложенные выше, но и на аналитический расчет.

Существует несколько видов погрешностей обработки, вызываемых неточностью изготовления приспособлений.

---

\* Размеры установочных элементов, влияющих на точность положения заготовки в приспособлении.

1. Погрешности приспособления, вызывающие неправильное положение обрабатываемой заготовки на станке, в результате чего возникает погрешность взаимного положения обработанной и базовой поверхностей заготовки.

2. Погрешности делительных и поворотных устройств (а также кондукторных плит и накладных кондукторов) приводят к погрешностям взаимного расположения обрабатываемых поверхностей заготовки.

Следует сказать, что погрешность изготовления приспособления не влияет на точность выполняемых размеров и на погрешность формы обрабатываемых поверхностей. В частности, погрешности изготовления одноместных, однопозиционных приспособлений в общем случае не влияют на точность выполняемых размеров и погрешности формы обрабатываемых поверхностей, но вызывают погрешности взаимного положения поверхностей заготовки.

При расчете приспособлений на точность суммарная погрешность  $\Sigma \epsilon$  при обработке детали не должна превышать величину допуска  $T$  размера  $\Sigma \epsilon \leq T$ .

Суммарная погрешность  $\Sigma \epsilon$  зависит от ряда факторов и в общем случае может быть представлена выражением

$$\Sigma \epsilon = \epsilon_{yc} + \epsilon_{об} + \epsilon_{пр},$$

где  $\epsilon_{yc}$  — погрешность установки детали в приспособлении;  $\epsilon_{об}$  — погрешность обработки детали;  $\epsilon_{пр}$  — расчетная погрешность приспособления.

Погрешность установки представляет собой отклонение фактического положения закрепленной детали в приспособлении от требуемого теоретического. Погрешность установки  $\epsilon_{yc}$  включает погрешности: базирования  $\epsilon_б$ , закрепления  $\epsilon_з$  и положения детали в приспособлении  $\epsilon_п$ :

$$\epsilon_{yc} = \epsilon_б + \epsilon_з + \epsilon_п.$$

Погрешность положения  $\epsilon_п$  детали в приспособлении состоит из погрешностей: изготовления приспособления по выбранному параметру  $\epsilon'_{пр}$ , установки приспособления на станке  $\epsilon_y$  и положения детали из-за износа элементов  $\epsilon_и$ :

$$\epsilon_п = \epsilon'_{пр} + \epsilon_y + \epsilon_и.$$

При наличии в приспособлении элементов для направления режущего инструмента (кондукторные втулки) следует учитывать погрешность от перекоса инструмента  $\epsilon_{пн}$ .

В результате для расчета точности приспособления  $\epsilon_{пр}$  можно использовать упрощенную формулу

$$\epsilon_{пр} \leq T - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \epsilon_б)^2 + \epsilon_з^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_и^2 + \epsilon_{пн}^2 + (k_{T2} + \omega)^2},$$

где  $T$  — допуск выполняемого размера;  $\epsilon_б$ ,  $\epsilon_з$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\epsilon_{пн}$  — соответственно погрешности: базирования, закрепления, установки приспособления на станке, положения детали из-за износа установочных элементов приспособления и от перекоса (смещения) инструмента;  $\omega$  — экономическая точность обработки;  $k_T = 1-1,2$  — коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;  $k_{T1} = 0,8-0,85$  — коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;  $k_{T2} = 0,6-0,8$  — коэффициент, учитываю-



щий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления.

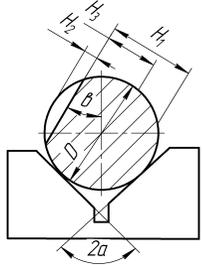
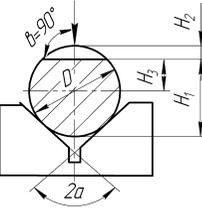
На основе полученного значения  $\epsilon_{пр}$  производится расчет размерной цепи приспособления. За замыкающее ее звено принимается погрешность по принятому параметру  $T\epsilon$ .

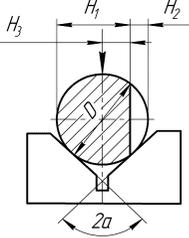
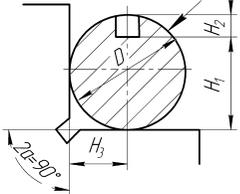
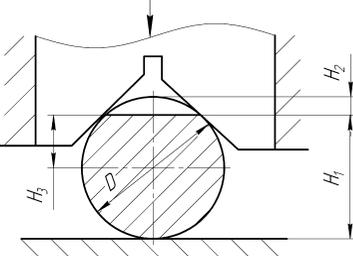
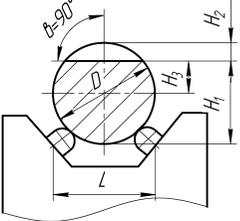
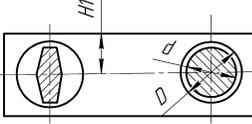
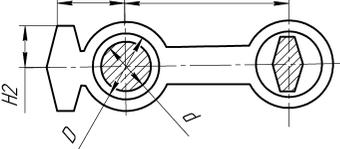
Погрешность базирования  $\epsilon_б$  представляет собой отклонение фактического положения установленной в приспособлении детали от требуемого теоретического и определяется как предельный допуск рассеяния расстояний между измерительной и технологической базами в направлении выполняемого размера. Данная погрешность устанавливается геометрическим расчетом или с помощью анализа размерных цепей. Возникает погрешность базирования при несовпадении установочной (технологической) и измерительной баз; при совпадении этих баз данная погрешность равна нулю. Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать измерительные и установочные базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, уменьшать зазоры при посадке детали на установочные элементы. Формулы для расчета погрешности базирования приведены в таблице 6.

Погрешность  $\epsilon_з$  закрепления состоит в изменении положения детали в результате приложения к ней усилия закрепления и определяется как разность между наибольшей и наименьшей проекциями смещения измерительной базы в направлении выполняемого размера. В большинстве случаев при выявлении погрешности закрепления учитываются контактные перемещения в местах сопряжения детали с опорными поверхностями приспособления, деформации корпуса которого и других его элементов обычно не учитываются. На погрешность закрепления оказывает влияние непостоянство усилия закрепления,

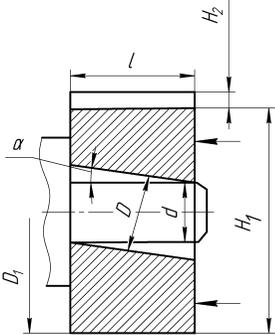
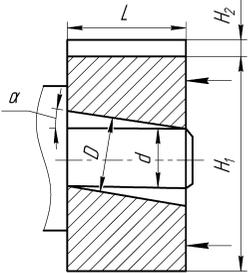
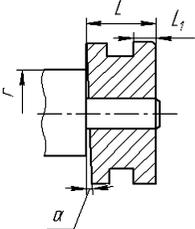
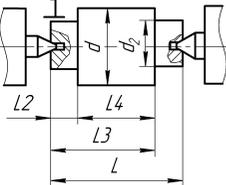
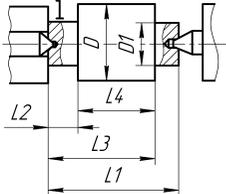
Таблица 6

Расчетные формулы погрешности базирования

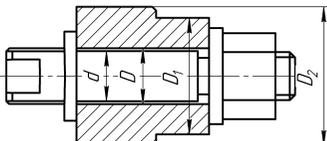
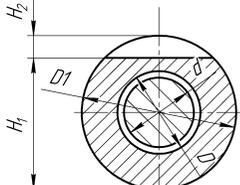
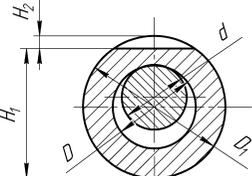
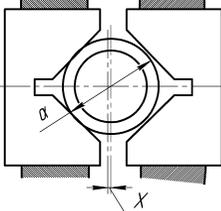
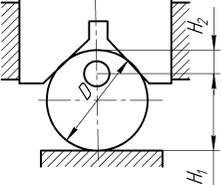
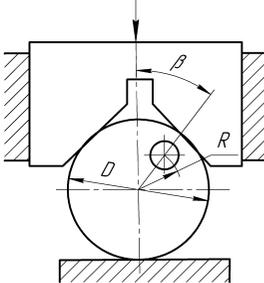
Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
По наружной цилиндрической поверхности в призму с углом $2\alpha$ при обработке поверхности под углом $\beta$ к оси симметрии призмы		$H_1$	$0,5 \cdot T_D (\sin \alpha - 1)$ , при $\beta = \alpha \dots 90^\circ$
			$0,5 \cdot T_D (1 - \sin \beta / \sin \alpha - 1)$ , при $\beta = 0 \dots \alpha$
		$H_2$	$0,5 T_D \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$
	$H_3$	$0,5 \cdot T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$	
То же при $\beta = 90^\circ$		$H_1$	$0,5 \cdot T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
		$H_2$	$0,5 \cdot T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
		$H_3$	$0,5 \cdot T_D / \sin \alpha$

Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
То же при $\beta=0^\circ$		$H_1$	$0,5 \cdot T_D$
		$H_2$	$0,5 \cdot T_D$
		$H_3$	0
По цилиндрической поверхности в призму с прямым углом		$H_1$	0
$H_2$	$T_D$		
$H_3$	$0,5 \cdot T_D$		
По наружной цилиндрической поверхности на установочную плоскую поверхность с закреплением призмой		$H_1$	0
$H_2$	$T_D$		
$H_3$	$0,5 \cdot T_D$		
По наружной цилиндрической поверхности в призму со сферическими опорами при обработке плоской поверхности или паза под углом		$H_1$	$H_3 - 0,5 \cdot T_D$
$H_2$	$H_3 + 0,5 \cdot T_D$		
$H_3$	$\sqrt{(r + 0,50_{\min} + 0,5T^2) - 0,5l^2} - \sqrt{(r + 0,50 \cdot D_{\min})^2 - 0,25 \cdot l^2}$		
По двум цилиндрическим отверстиям на жесткий цилиндрический и срезаемый пальцы при обработке верхней плоскости		$H_1$	$\Delta + T_D + Td$
		$H_2$	$(\Delta + T_D + Td) \cdot (L_1 + l) / l$



Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
<p>По внутренней цилиндрической поверхности на жесткий цилиндрический палец с гарантированным зазором при обработке плоской поверхности с учетом, что опорный торец заготовки не перпендикулярен оси базы</p>		<p><math>H_1</math></p> <p><math>H_2</math></p>	$0,5 \cdot T_D + 2 \cdot l + T_D + T_D + T_d + \Delta - 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha$
<p>То же, но с односторонним прижатием заготовки</p>		<p><math>H_1, H_2</math></p>	$0,5 \cdot T_D + 2 \cdot l + 0,5 \times T_D + 0,5 \cdot T_d + l \cdot \operatorname{tg} \alpha$
<p>То же, но с учетом, что опорный торец заготовки не перпендикулярен оси базы</p>		<p><math>L_1</math></p>	$T_L + 2 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha$
<p>По центровым гнездам на центры (передний центр жесткий) при обработке двух торцов подрезными резцами, настроенными на размер</p>		<p><math>L_1</math></p>	$T_L + \Delta_L$
		<p><math>L_2, L_3</math></p>	$\Delta_L$
		<p><math>D_1, D_2, L_4</math></p>	$0$
<p>То же, но передний центр плавающий</p>		<p><math>L_1</math></p>	$T_L$
		<p><math>D_1, D_2, L_4, L_2, L_3</math></p>	$0$



Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
На жесткой оправке со свободной посадкой		$D_1$	$0,5 \cdot (\Delta + T_D + T_d)$
По внутренней цилиндрической поверхности на жесткий цилиндрический палец с гарантированным зазором при обработке плоской поверхности		$H_1, H_2$	$0,5 \cdot T_D + 2 \cdot e + T_D + T_d + \Delta$
		$H_3$ от оси $D_1$	$2 \cdot e + T_D + T_d + \Delta$
		$H_4$ от оси $D$	$T_D + T_d + \Delta$
То же, но с односторонним прижатием заготовки		$H_1, H_2$	$0,5 \cdot T_{D1} + 2 \cdot e + T_D + T_d$
		$H_3$ от оси $D_1$	$2 \cdot e + 0,5 \cdot T_D + 0,5 \cdot T_d$
		$H_4$ от оси $D$	$0,5 \cdot T_{D1} + 0,5 \cdot T_d$
По наружной цилиндрической поверхности в самоцентрирующиеся призмы при обработке отверстия		X	0
По плоскости центрированием подвижной призмой при обработке отверстия, расположенного на оси подвижной призмы		$H_1$	0
		$H_2$	$T_D$
То же, но при обработке отверстия, смещенного с оси подвижной призмы		$\beta$	$\arctg\left(\frac{T_D \cdot \sin \beta}{2R}\right)$
		R	$0,5 \cdot T_{D1} \cdot \cos \beta$

Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
По внутренней цилиндрической поверхности на жесткий цилиндрический палец с гарантированным натягом или на разжимаемую оправку при обработке плоской поверхности		$H_1, H_2$	$2 \cdot e \cdot 0,5 \cdot T_D$
		$H_3$ от оси $D_1$	$2 \cdot e$
		$H_4$ от оси $D$	0
По наружной цилиндрической поверхности в призму с углом $2\alpha$ при обработке отверстий по кондуктору		$H$	$0,5 \cdot T_{D1} \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right),$ при $H > 0,5 \cdot D$
		$H$	$0,5 \cdot \frac{T_D}{\sin \alpha},$ при $H = 0,5 \cdot D$
		$H$	$0,5 \cdot T_D \cdot \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right),$ при $H < 0,5 \cdot D$
По наружной цилиндрической поверхности на установочную плоскость с закреплением призмой при обработке отверстий по кондуктору		$H$	$0,5 \cdot T_D$
В призме при обработке отверстия, расположенного перпендикулярно оси призмы и зажима		$H$	$0,5 \cdot T_D$
В призме при обработке отверстия, расположенного между осью призмы и зажима		$\beta$	$\arctg \left( \frac{0,5 \cdot T_D \cdot \sin \beta}{r \cdot \sin \alpha} \right)$
		$R$	$0,5 \cdot T_D \cdot \cos \beta / \sin \alpha$



Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
При обработке отверстия с базированием по наружному диаметру в самоцентрирующем устройстве		$H$	$0,5 \cdot T_D$
При обработке отверстия с базированием по внутреннему диаметру в самоцентрирующем устройстве		$H_1$	0
		$H_2$	$0,5 \cdot T_D$
При обработке отверстия с базированием по наружному диаметру во втулке		$H$	$T_D$
При обработке отверстия с базированием по внутреннему диаметру на пальце		$H_1$	$T_D$
		$H_2$	$T_d + 0,5 \cdot T_D$
По внешней поверхности в зажимной цанге по упору		$D, L$	0
В кулачковом самоцентрирующем патроне с упором в торец		$D, d, L_1, L_2$	0
На разжимной жесткой оправке с натягом при обработке цилиндрической поверхности		$D, d, L_1, L_2$	0

Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
На конусной оправке при обработке цилиндрической поверхности		$D_1$	$0,5 \cdot T_d$
		$L_1$	$0,5 \cdot T_d / \operatorname{tg} \alpha$
		$L_2$	$0,5 \cdot T_d / \operatorname{tg} \alpha + T_L$
По плоскости при обработке уступа		$H_1$	0
		$H_2$	$T_L$
		$H_3$	$T_H$

*Примечание.* Буквы в таблице обозначают  $T_D, T_{D1}, T_d$  — допуски по диаметру;  $T_L, T_H$  — допуски на линейные размеры;  $e$  — эксцентриситет между базой и обработанной поверхностью;  $\Delta$  — минимальный диаметральный зазор между базой и жесткими цилиндрическими пальцами;  $\gamma$  — угол, характеризующий отклонение от перпендикулярности торца к оси базы детали;  $\Delta_n$  — посадка центров (табл. 7).

Таблица 7

Значения  $\Delta_n$ 

Наибольший					
Наибольший диаметр центрального отверстия, мм	1–2,5	4–6	7–10	12,5–15	20–30
Посадка центров, мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

рассеяние шероховатости и погрешности формы опорных поверхностей детали, износ опорных поверхностей приспособления.

Можно принять, что  $\varepsilon \varepsilon = 0$  при постоянной силе закрепления заготовок и одинаковом качестве их базовых поверхностей. Величину  $\varepsilon_a$  уменьшают, стабилизируя силу закрепления (например, применяя пневматические и гидравлические зажимы вместо ручных), повышая жесткость стыка опоры приспособления, улучшая качество базовых поверхностей, а также увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления.

Значения погрешностей закрепления для различных видов обработки приведены в таблицах 8–11.

Погрешность установки приспособления на станке  $\varepsilon_y$  зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе, планшайбе или шпинделе станка. Смещения и перекосы возникают из-за зазоров между сопрягаемыми поверхностями приспособления и станка. Для уменьшения зазоров рекомендуется повышать точность посадочных мест приспособления, разносить на корпусе ориентирующие его элементы и подгонять посадочные места к станку. В массовом производстве при использовании одного приспособления и неизменном его закреплении погрешность установки может быть частично или полностью устранена настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (дублеров и спутников) эта величина не компенсируется

Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$  при установке на опорные пластины, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Установка в приспособлении с винтовыми или эксцентриковыми зажимами							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	110	120	135	150	175	200
в постоянную форму	60	70	80	90	100	110	120
по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	110
под давлением	40	50	60	70	80	90	100
Полученная горячей штамповкой	100	110	120	135	150	175	200
Горячекатанная	100	110	120	135	150	175	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	25	30	40	50	60	70	80
Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	140	160
в постоянную форму	55	60	65	70	80	90	100
по выплавляемой модели	40	50	55	60	70	80	90
под давлением	30	35	40	50	60	70	80
Полученная горячей штамповкой	80	90	100	110	120	140	160
Горячекатанная	80	90	100	110	120	140	—
Предварительно обработанная	40	50	55	60	70	80	90
Окончательно обработанная	30	35	40	50	60	70	80
Шлифованная	15	20	25	30	35	40	45

**Примечания.**

1. Установка на магнитной плите не исключает погрешности закрепления.
2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.
3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 9

Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$  при установке на опоры с точечным и линейным контактами (опорные штифты, призмы), мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Установка в приспособлении с винтовыми или эксцентриковыми зажимами							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	125	150	175	200	225	250
в постоянную форму	100	110	120	130	140	150	160
по выплавляемой модели	90	100	110	120	130	140	150
под давлением	80	90	100	110	120	130	140

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Полученная горячей штамповкой	100	125	150	175	200	225	250
Горячекатанная	100	125	150	175	200	225	—
Предварительно обработанная	90	100	110	120	130	140	150
Окончательно обработанная	80	90	100	110	120	130	140
Шлифованная	50	60	70	80	90	100	110
<b>Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом</b>							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	90	100	120	140	160	180	200
в постоянную форму	80	90	100	110	120	130	140
по выплавляемой модели	70	75	80	90	100	110	120
под давлением	45	50	60	70	80	90	100
Полученная горячей штамповкой	90	100	120	140	160	180	200
Горячекатанная	80	100	120	140	150	180	—
Предварительно обработанная	70	75	80	90	100	110	120
Окончательно обработанная	60	70	80	90	90	100	110
Шлифованная	35	40	45	50	55	60	70

**Примечания.**

1. Установка на магнитной плите не дает погрешности закрепления.
2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.
3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 10

**Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$  при установке в радиальном направлении для обработки на станках, мкм**

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
<b>Установка в зажимной гильзе (цанге) и на цанговой оправке</b>							
Холодная калиброванная	50	60	70	80	—	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	—	—	—
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	—	—	—
Шлифованная	20	20	25	25	—	—	—
<b>Установка в трехкулачковом патроне с пневматическим зажимом</b>							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	200	260	320	380	440	500	580
в постоянную форму	140	170	200	240	280	320	380
по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	120
под давлением	25	30	35	40	45	50	60
Полученная горячей штамповкой	220	260	320	380	440	500	580



Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Горячекатанная	220	260	320	380	440	500	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	120
Окончательно обработанная	25	30	35	40	45	50	60
Шлифованная	10	10	15	15	20	20	25

**Примечания.**

1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.  
2. Установка в жестких центрах не дает погрешности в радиальном направлении. Погрешность закрепления, получающаяся при установке в плавающий передний и вращающийся задний центры, не учитывается, так как перекрывается отклонением заготовки под действием силы резания.

Таблица 11

**Погрешность закрепления заготовок  $\epsilon$  при установке в осевом направлении  
для обработки на станках, мкм**

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
<b>Установка на цапговой оправке</b>							
Предварительно обработанная	20	30	40	50	60	70	—
<b>Установка на цилиндрической оправке с ручным зажимом</b>							
Предварительно обработанная	10	15	20	25	30	30	—
<b>Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору</b>							
Холодная калиброванная	40	50	60	70	80	—	—
Предварительно обработанная	30	40	50	60	70	—	—
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	—	—	—
<b>Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне с ручным приводом</b>							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	130	140
в постоянную форму	70	80	90	100	110	120	130
по выплавляемой модели	60	70	80	90	100	110	120
под давлением	40	50	60	70	80	90	110
Полученная горячей штамповкой	80	90	100	110	120	130	140
Горячекатанная	110	140	170	200	230	260	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	30	40	50	60	70	80	90
Шлифованная	15	15	20	20	25	25	30
<b>Установка в трехкулачковом патроне с пневматическим приводом</b>							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	70	80	90	100	110	120	130
в постоянную форму	60	65	75	80	90	100	110



Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок						
	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260
Полученная литьем: по выплавляемой модели под давлением	50	55	65	75	80	85	90
	35	45	60	55	65	70	80
Полученная горячей штамповкой	60	70	80	90	100	110	120
Горячекатанная	100	120	150	160	200	230	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Окончательно обработанная	20	30	40	50	60	70	80
Шлифованная	10	10	15	15	20	20	25

*Примечания.*

1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в центрах не дает погрешности закрепления, но при этом возникает погрешность базирования в осевом направлении.

настройкой станка и полностью входит в состав погрешности установки приспособления на станке.

В серийном производстве при частой переустановке приспособления на  $\epsilon_y$  влияют износ и повреждение сопрягаемых поверхностей. При соблюдении требований к смене приспособлений и правильном выборе зазоров в сопряжениях  $\epsilon_y = 0,02 - 0,1$  мм.

В каждом конкретном случае рекомендуется выполнять расчет погрешности установки приспособления на станке в зависимости от ее схемы и заданной точности изготовления посадочных элементов. В таблице 12 приведены зависимости для определения  $\epsilon_y$ .

На погрешность положения детали из-за износа элементов приспособления  $\epsilon_n$  влияют размеры и конструкция установочных элементов, материал и масса обрабатываемой детали, состояние ее базовых поверхностей. Наиболее интенсивно изнашиваются опоры с точечными и линейными контактами, наименее — опорные пластины с большими поверхностями контакта. В таблице 13 даны расчетные зависимости для определения погрешности износа.

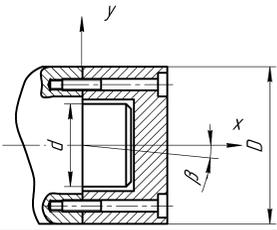
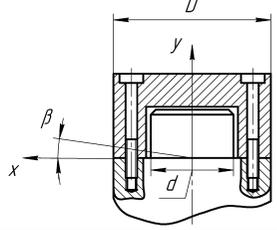
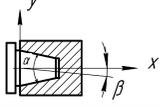
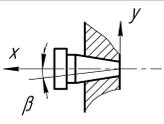
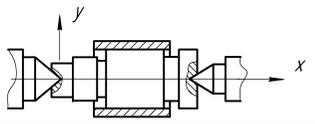
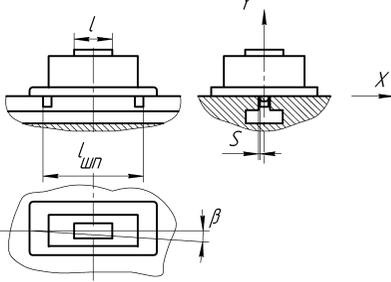
Приближенно износ установочных элементов может определяться по формуле

$$U = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где  $U_0$  — средний износ установочных элементов для чугунной заготовки при усилии зажима  $P_0 = 10$  кН и базовом числе установок  $N = 100\,000$  (таблица 14);  $k_1, k_2, k_3, k_4$  — соответственно коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки, отличающиеся от принятых при определении  $U_0$  и приведенные в таблице 15;  $N$  — число установок заготовки.

Погрешность от перекоса или смещения инструмента  $\epsilon_{\text{ин}}$  определяется точностью направления или настройки инструмента относительно положений обрабатываемой детали.

Точность установки приспособлений

Принцип установки приспособления	Схема установки	Погрешность $\varepsilon_y$ в направлении		
		оси X	оси Y	угла $\beta$
На горизонтальный шпindel по торцу и центрирующему пояску		$\Delta T$	S	$2\arctg(\Delta T/D)$
На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску		s	$\Delta T$	$2\arctg(\Delta T/D)$
На конус шпинделя		0,03–0,06	—	$\delta\alpha$
В шпindel с конусом Морзе:				
№ 0		0,01–0,2	—	$\delta\alpha$
№ 1, 2, 3		0,01–0,2		
№ 4, 5		0,2–0,4		
№ 6		0,25–0,5		
С метрическим конусом:				
№ 80		0,25–0,5	—	$\delta\alpha$
№ 100		0,3–0,6		
В центр на горизонтальный стол по m-образному пазу		0,01–0,03	—	$l_s/l_{\text{шп}}$

Принцип установки приспособления	Схема установки	Погрешность $\epsilon_y$ в направлении		
		оси X	оси Y	угла $\beta$
По двум штифтовым отверстиям		$\delta L_1 + 0,25\Sigma s'$	—	—

*Примечание.* Буквы в таблице обозначают:  $\Delta T$  — торцевое биение опорной поверхности приспособления, принимается в пределах 0,01–0,04 мм;  $s$  — максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей;  $\Sigma s'$  — сумма максимальных зазоров между штифтами и отверстиями;  $\delta\alpha$  — погрешность половины угла конуса  $\alpha$ , принимается в пределах 2'–8';  $\delta L_1$  — допуск на расположение координат штифтовых отверстий;  $D$  — диаметр центрирующего пояса;  $l_{\text{мин}}$  — расстояние между шпонками;  $l$  — длина обрабатываемой детали.

Таблица 13

Износ установочных элементов

Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность износа
	$H_1, H_2, H_3$	$U \sin \beta / \sin \alpha$
	$H_1, H_2, H_3$	$U / \sin \alpha$
	$H_1, H_2, H_3$	0
	$H_1$	$U$
	$H_2$	0

Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность износа
	$H_1$	$U_2$
	$H_2$	$U_2$
	$H_3$	$U_1$
	$\alpha$	$\text{tg } \alpha = (U_2 - U_1) / l$

Таблица 14

Значения среднего износа  $U_0$  установочных элементов  
(при  $N_0 = 100-103$ , материал заготовки — чугун), мкм

Тип установочных элементов	Материал установочных элементов				
	Сталь 20 цементированная закаленная	Сталь 40X закаленная	Сталь У10А закаленная	Сталь 45 с хромовым покрытием	Твердый сплав ВК8
Постоянные опоры:					
со сферической головкой	170 / (100-240)	155 / (90-220)	145 / (90-200)	70 / (40-100)	—
с плоской головкой	85 / (50-120)	75 / (45-105)	70 / (40-100)	—	14 / (13-15)
с насеченной головкой призм	145 / (90-200) 125 / (70-180)	135 / (85-185) 115 / (65-165)	130 / (80-180) 110 / (60-150)	— 65 / (40-90)	— 18 / (16-200)
Опорные пластины	45 / (25-65)	40 / (25-55)	38 / (25-50)	25 / (20-30)	12 / (10-14)
Опорные пластины с косыми срезами	50 / (30-70)	45 / (30-90)	42 / (25-60)	28 / (20-30)	12 / (10-14)
Пальцы установочные:					
срезанные	100 / (60-140)	90 / (55-125)	85 / (50-120)	50 / (30-70)	—
цилиндрические	65 / (40-90)	55 / (35-75)	50 / (30-70)	25 / (20-30)	—
Оправки цилиндрические	60 / (40-800)	50 / (30-70)	45 / (25-65)	25 / (20-30)	—

**Примечания.**

1. В числителе даны средние значения  $U_0$ , в знаменателе — рекомендуемый интеграл.
2. Большие значения  $U_0$  принимаются для случаев закрепления заготовки переменным усилием, возможных ударов при контакте и значительным временем контакта заготовки и установочного элемента, усилиями закрепления и массы заготовки.

Коэффициенты, учитывающие условия износа

Учитываемые условия	Коэффициент	Значение коэффициента				
Материал детали	$k_1$	Чугун — 1,0	Сталь незакаленная — 0,97		Сталь закаленная — 0,91	
Тип оборудования	$k_2$	Универсальное — 1,0	Специальное — 1,25		Автоматические линии — 1,57	
Условия обработки	$k_3$	Точение, фрезерование, сверление, зенкерование			Шлифование	
		Стали с охлаждением — 0,94	Стали без охлаждения — 1,0	Чугуна без охлаждения — 1,12	Стали с охлаждением — 1,32	Чугуна без охлаждения — 1,58
Число установок	$k_4$	Число установок $N \times 10^8$				
		До 5 до 10	До 20	До 40	50–100 до 150	
		2,8–2,4	1,8	1,3	10,9	

В процессе обработки поверхностей при настройке положения инструмента по отношению к приспособлению с помощью щупа погрешность от смещения инструмента может быть определена по формуле

$$\varepsilon_n = \Delta_n + T_{щ},$$

где  $\Delta_n$  — погрешность установки инструмента по щупу, зависящая от точности механизма перемещения инструмента;  $T_{щ}$  — допуск на изготовление щупа.

## 6.5. СПОСОБЫ УСТАНОВКИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ОБОРУДОВАНИИ

Выбор способа установки приспособления должен предшествовать началу конструирования, так как от этого в некоторой степени зависят схема закрепления заготовки и конструкция зажимных устройств, а также общая компоновка приспособления. В зависимости от вида станка приспособление может устанавливаться на его шпинделе, столе либо на другом рабочем органе, имеющем посадочное место-совокупность точно и с малой шероховатостью обработанных поверхностей. Конструктор, проектирующий приспособление, должен знать, для какого станка оно предназначено, и иметь все необходимые данные о его посадочном месте. После этого выбирается способ установки приспособления на станке и оформляются соответствующие посадочные поверхности.

**Установка приспособления на токарных станках.** На практике используются четыре способа установки приспособлений на токарных станках: в центрах, в отверстие шпинделя, на шпиндель и на переходный фланец.

**Установка в центрах.** Станок оснащается передним и задним центрами. При обработке с большими скоростями резания в заднюю бабку устанавливается вращающийся центр. Этот способ дает возможность использовать одно и то же приспособление на любом токарном станке, оснащенном центрами. Сравнительно легко обеспечивается высокая точность расположения приспособления относительно оси шпинделя. Недостаток способа — необходимость снятия приспособления при замене обработанной заготовки новой.



**Установка в отверстие шпинделя.** При такой установке на корпусе шпинделя выполняется посадочная поверхность в виде хвостовика с конусом Морзе, соответствующим по размеру конусу отверстия шпинделя. После установки приспособления в шпинделе оно закрепляется с помощью тяги для чего в хвостовике приспособления предусмотрено резьбовое отверстие. Этот способ универсален, смена заготовки более удобна, чем при установке в центрах. Однако точность совмещения его с осью шпинделя меньшая из-за возможной грязи и забоин на сопрягаемых поверхностях. Консольное приспособление на шпинделе обуславливает его невысокую точность.

**Установка на шпиндель.** В этом случае в приспособлении обрабатываются посадочные поверхности, соответствующие наружным поверхностям посадочного места шпинделя. Способ обеспечивает высокую жесткость и позволяет устанавливать в приспособлении заготовки больших размеров. Недостаток — малая универсальность из-за различия формы и размеров посадочного места станков; сложность изготовления посадочных поверхностей приспособлений; большая погрешность расположения приспособления относительно оси шпинделя вследствие зазора между приспособлением и шпинделем по центрирующему пояску.

**Установка на переходный фланец.** Переходный фланец имеет с одной стороны посадочные поверхности, выполненные по форме посадочного места шпинделя, а с другой стороны — центрирующий буртик с диаметром  $d$ , который рекомендуется выполнять по  $n5$  или  $h6$ . В приспособлении предусматривается центрирующая выточка по диаметру  $d$  фланца ( $D$ ). Диаметр выточки  $D$  рекомендуется выбирать с отклонениями  $H7 h6$ . Данный способ универсален, но дает несколько большую погрешность центрирования из-за дополнительного зазора между центрирующим буртиком и выточкой.

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

**Установка приспособлений на круглошлифовальных станках.** Осуществляется в центрах, как и на токарных станках, хотя и имеются различия в устройстве шпинделя. Современные шлифовальные станки имеют невращающийся шпиндель. Вращение установленному в неподвижных центрах приспособлению с заготовкой передается через хомутик от планшайбы, на которой укрепляется поводковый палец. При этом планшайба устанавливается на одной из вращающихся вокруг шпинделя деталей передней бабки.

**Установка приспособлений на фрезерных станках.** Посадочным местом для установки приспособления на фрезерном станке является его стол. На корпусе приспособления снизу предусматриваются посадочные поверхности, которыми оно ориентируется на плоскости станка. В приспособлениях значительных размеров в средней части посадочной плоскости выполняется выемка или полость, благодаря чему достигается его устойчивое положение. Для крепления приспособления к столу станка на корпусе предусмотрены проушины, в которые заводятся крепежные болты. Чтобы придать приспособлению вполне определенное положение, на столе станка по отношению к продольной подаче на его посадочную поверхность устанавливаются призматические привертные шпонки. Отклонение ширины шпонки — по  $h8$ . На каждое приспособление ставят



по две шпонки таким образом, чтобы они входили в один и тот же паз стола. Ориентация приспособлений на столе с помощью шпонок по *m*-образным пазам осуществляется также на плоскошлифовальных, строгальных и расточных станках.

## 6.6. ОФОРМЛЕНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

Общий вид приспособления разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в определенном порядке.

1. Выполняют чертеж обрабатываемой детали в трех проекциях (реже в двух) на значительном расстоянии друг от друга, с тем чтобы поместились проекции приспособления. Детали вычерчивают условными линиями на той стадии обработки, когда она поступает на данную операцию. Штриховой линией указывают те поверхности, которые должны быть получены в результате обработки их на данной операции.

2. Наносят на чертеж элементы приспособления для направления инструмента. Кондукторные втулки вычерчивают на нужном расстоянии от детали и сразу же определяют необходимую толщину корпуса или кондукторной плиты в месте установки втулок.

3. Вычерчивают установочные элементы приспособления так, чтобы базовые поверхности детали с ними соприкасались.

4. Вычерчивают зажимные механизмы и приводы.

5. Наносят вспомогательные устройства и детали.

6. Конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения элементов.

7. Оформляют чертеж приспособления. Проставляют размеры и допуски, составляют спецификацию деталей с указанием материала, ГОСТов и нормалей. Указывают технические требования к приспособлению.

На общем виде приспособления проставляют три группы размеров.

1. Размеры, точность которых влияет на погрешность размеров детали. Состав этой группы определяют из анализа технологических размерных цепей по каждому выдерживаемому на операцию показателю точности, в которых размеры приспособления являются составляющими звеньями. Точность этих размеров назначают из расчета технологических цепей.

2. Размеры сопряжений и монтажные размеры, точность которых не влияет на погрешность обработки, но определяет расположение и условия работы отдельных механизмов приспособления. Точность этих размеров назначают исходя из необходимости обеспечения нормальной работы механизмов приспособления.

3. Габаритные и справочные размеры. Точность их на чертеже не ограничивается. Выполняют эти размеры по 14–17-му квалитетам.

# ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

## 7.1. ОСОБЕННОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

### Требования, предъявляемые к приспособлениям для станков с ЧПУ

**В**се требования сформулированы исходя из эффективности их использования.

1. Приспособления должны иметь повышенную размерную точность. Погрешности базирования и закрепления должны быть сведены к минимуму.

2. Приспособления должны иметь повышенную жесткость при выполнении черновых операций и обеспечивать высокую точность при выполнении чистовых операций.

3. Приспособления должны обеспечивать полное базирование заготовок, поскольку происходит точное перемещение их в процессе обработки относительно инструмента.

4. Приспособления должны иметь полное базирование на станке для строгого определения его положения относительно нулевой точки станка.

5. Приспособления должны обеспечивать возможности подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям при обработке их с одной установки.

6. Приспособления должны иметь возможность смены заготовок во время работы станка. Это обусловлено значительным удлинением цикла обработки.

7. Приспособления должны быть быстроперенастраиваемыми, поскольку переналадка самого станка заключается лишь в смене программоносителя.

8. Приспособления должны быть многоместными и обеспечивать обработку широкой номенклатуры заготовок.

Несоблюдение этих требований значительно снижает преимущества, которые могут быть получены от применения станков с ЧПУ.

### Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ

1. Система универсально-безналадочных приспособлений (УБП). Представляет из себя устройство долговременного действия с постоянными регулируемым несменными установоч-

ными и зажимными элементами. Применяются в ЧПУ в мелкосерийном производстве.

**2. Система универсально-наладочных приспособлений (УНП).** Осуществляет установку заготовок с помощью специальных наладок. Состоят из универсального базового агрегата и сменных наладок. Базовый агрегат — постоянная часть приспособления, предназначенная для многократного использования в компоновках. Сменная наладка — это сборочная единица, которая обеспечивает установку конкретной заготовки и может использоваться многократно. Проектированию подлежат только спецналадки. Применяют в серийном производстве при использовании групповых методов обработки.

**3. Система специализированных наладочных приспособлений (СНП).** Предусматривает установку типовых по конфигурации заготовок различных размеров. Компоновка состоит из базового агрегата и сменных наладок. Многоместные приспособления в этой системе обеспечивают смену заготовок вне рабочей зоны станка. Эффективность применения достигается в серийном производстве.

**4. Система универсально-сборных приспособлений (УСП).** Компоновки собираются из стандартных элементов с высокой степенью точности. Фиксация элементов с помощью системы «шпонка – паз». УСП состоят из узлов и деталей многократного применения с пазами 8, 12 и 16 мм. Высокая точность элементов обеспечивает сборку приспособлений без последующей их механической обработки. После использования компоновок их разбирают на отдельные элементы, которые используют затем в других компоновках. Срок службы компоновок 18–20 лет. Сборка приспособления и установка на станок занимает в среднем 3–4 часа.

**5. Система универсально-сборных механизированных приспособлений для станков с ЧПУ (УСПМ – ЧПУ).** Представляет из себя усовершенствованные УСП. Основой комплекта являются гидравлические блоки, состоящие из плит с пазами, встроенными гидроцилиндрами и без них. Они предназначены для станков фрезерно-сверлильной группы в условиях единичного и мелкосерийного производства.

**6. Система сборно-разборных приспособлений (СРП – ЧПУ).** Собирается из стандартных деталей и сборочных единиц, фиксируемых относительно друг друга системой «палец – отверстие». В базовых отверстиях имеется сетка точных координатно-фиксирующих отверстий. Детали и сборочные единицы компоновок СРП крепятся посредством *m*-образных пазов с размерами, соответствующими пазам на столах станка. В компоновках СРП в отличие от УСП число сборочных единиц преобладает над деталями.

**7. Система неразборных специальных приспособлений (НСП).** Приспособления непереналаживаемые. Конструкция приспособления предназначена для выполнения одной операции, и применять ее можно в том случае, если невозможно использовать переналаживаемую систему. Конструкция в этом случае должна быть максимально простой.

#### **Особенности базирования и закрепления заготовок в приспособлениях для станков с ЧПУ**

Базирование заготовки может быть полным и неполным. При неполном базировании число опорных точек может быть от трех до пяти. Наименьшее число



точек должно быть не менее трех, так как три точки, определяющие плоскость, обеспечивают устойчивое положение заготовки при обработке; две же точки, определяющие ось, не могут обеспечить устойчивого положения заготовки. При неполном базировании приходится применять скрытые базы в виде воображаемой плоскости, оси или точки, мысленно создаваемые для визуальной ориентации заготовки в приспособлении.

При базировании заготовок на станках с ЧПУ, поскольку относительное перемещение заготовки и инструмента осуществляется автоматически по заданной программе в системе заранее заданных координат, необходимо полное базирование заготовки и жесткая связь базирующих элементов приспособления с началом координат станка (нулевой точкой).

При обработке заготовок на станках с ЧПУ приспособления должны исключать ошибки при базировании заготовок, особенно при базировании заготовок в приспособлениях, установленных на спутниках с их автоматической сменой, поскольку обработка осуществляется автоматически.

При базировании заготовок типа тел вращения в патронах или на оправках в качестве двойных опорных или двойных направляющих баз принимают наружные или внутренние цилиндрические поверхности, а также поверхности центровых отверстий (при установке заготовок в центрах). При базировании заготовок плоских и корпусных деталей в качестве баз применяют в основном три плоских поверхности или одну плоскую поверхность и два отверстия. При базировании заготовок по трем плоским поверхностям «в координатный угол» базирование заготовок осуществляется по установочной базе — плоской поверхности и направляющей и опорным базам заготовки по двум плоским поверхностям. Схема базирования заготовок по трем плоским поверхностям является более простой и надежной, обеспечивает высокую точность базирования. Недостатком этой схемы базирования является то, что в ряде случаев невозможно производить обработку заготовок с четырех-пяти сторон или по контуру с одной установки. В этих случаях применяют схему базирования по плоской поверхности и двум отверстиям. Установочной базой является обработанная поверхность, обработанные отверстия являются двойной опорной базой. Базовые элементы приспособления выполняют в виде пальцев: цилиндрического и ромбического. При базировании заготовки по плоской поверхности и двум отверстиям неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности обработки технологических отверстий заготовки, неточности изготовления базирующих пальцев и необходимости наличия гарантированного диаметрального зазора в соединениях пальцев — отверстия для свободной установки и съема заготовок. Следовательно, такую схему базирования целесообразно применять лишь при затруднении базирования по трем плоским поверхностям или необходимости обработки поверхностей с одной установки заготовки.

При установке заготовки на столе станка без приспособления для обеспечения ее правильного положения относительно шпинделя станка необходимо производить выверку заготовки по двум боковым поверхностям — направляющей и опорной базам заготовки с помощью контрольной оправки, устанавливаемой в шпиндель станка, а также с помощью щупов или по индикатору. Можно также использовать эталонный угольник с магнитом, устанавливаемый и закрепляемый на обработанной поверхности заготовки, и визирный



микроскоп, устанавливаемый в шпиндель станка, обеспечивающий оптическую ориентацию заготовки по риске угольника. При базировании по плоской поверхности и отверстию заготовку выставляют по отверстию с помощью грибкового или индикаторного центроискателя. Установка заготовок без приспособлений с выверкой на столе станка требует значительных затрат времени, в течение которого станок простаивает. Для сокращения времени простоя дорогостоящих станков с ЧПУ необходимо устанавливать заготовки в приспособлениях, поскольку их базирующие элементы автоматически обеспечивают требуемое положение заготовки относительно выбранной системы координат. Для сокращения времени простоев станков с ЧПУ целесообразно применять приспособления с быстродействующими механизированными приводами зажима. Наиболее эффективно применять два приспособления, что обеспечивает смену заготовок в одном из приспособлений вне рабочей зоны станка или вне станка на спутнике. При этом время простоя станка будет минимальным, так как станок простаивает лишь в течение времени, необходимого для быстрого перемещения стола станка или смены спутника с приспособлением на столе станка.

## 7.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Для установки деталей типа втулок, стаканов, фланцев, коротких валов наиболее широкое применение находят самоцентрирующие трехкулачковые патроны. Они должны обеспечивать:

- сокращение времени на установку заготовок, на переналадку и замену кулачков, на смену самого патрона, переналадку станка при переходе на центровые работы;
- соосность оси заготовки относительно оси шпинделя в процессе обработки;
- силу зажима;
- снижение влияния центробежных сил на силу зажима заготовки;
- необходимый размер центрального отверстия для возможности обработки разных по размеру заготовок;
- возможность установки в патроне заготовок различной конфигурации.

Сокращение времени на растачивание незакаленных кулачков после их установки в основном достигается за счет их растачивания автоматически по программе. Кулачки растачиваются вне станка в специальном приспособлении. При этом необходимо иметь значительное число комплектов кулачков для различных диаметров.

Современные станки с ЧПУ имеют большие обороты шпинделя. Однако при этом увеличивается действие центробежных сил на кулачки и снижается сила закрепления. Динамическая сила закрепления заготовки определяется по формуле

$$Q_{\text{дин}} = Q_{\text{ст}} \pm F_c,$$

где  $Q_{\text{ст}}$  — статическая сила закрепления заготовки;  $F_c$  — центробежная сила.

$$F_c = mRv = \frac{Grv}{g} = 0,102GR \left( \frac{hn}{30} \right),$$



где  $m$  — масса кулачков, кг;  $R$  — радиус от оси вращения патрона до центра тяжести кулачка, м;  $v$  — угловая скорость, рад/с;  $G$  — вес кулачков, Н;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с;  $n$  — частота вращения шпинделя, с<sup>-1</sup>; или

$$F_c = \frac{Grn}{1000},$$

тогда

$$Q_{\text{дин}} = \frac{1,2kP_2d}{fD} \pm \frac{GRn}{1000},$$

где 1,2 — коэффициент, учитывающий влияние радиальной и осевой составляющих силы резания;  $k$  — коэффициент надежности,  $k=2,0-2,5$ ;  $P_2$  — главная составляющая силы резания;  $d$  — диаметр обрабатываемой поверхности;  $D$  — диаметр заготовки в месте зажима ее кулачками;  $f$  — коэффициент трения.

Уменьшение влияния центробежных сил на силу закрепления обеспечивается снижением массы кулачков. Центробежную силу компенсируют встраиванием в корпус патронов противовесов, соединенных рычагом с кулачками. Но нельзя значительно увеличивать высоту патрона. Если расчетная сила зажима превышает допустимую для данного патрона, то нужно уменьшить либо глубину резания и подачу или уменьшить скорость резания, снизив тем самым центробежную силу. Основным мероприятием следует считать снижение частоты вращения шпинделя. Лимитирующим числом оборотов является условие, при котором динамическая сила закрепления составляет 1/3 статической. Такие числа оборотов указываются в технических характеристиках патронов. Для компенсации влияния центробежных сил на силу закрепления увеличивают статическую силу. Но это неприемлемо при закреплении малогабаритных заготовок.

В патронах фирмы Forkardt модели KLNC установка комплекта незакаленных кулачков, заранее расточенных на требуемый диаметр, производится по отверстиям и штырям, установленных в основных кулачках. Крепление дополнительных кулачков к основным производится планками и винтами. Точность позиционирования порядка 0,02 мм. Однако такие кулачки применяют при обработке заготовок одного диаметра. В настоящее время создано много отечественных конструкций патронов. Среди них ПКВ-250Ф8.95 конструкции ЭНИМСа, предназначенный для обработки заготовок с большими частотами вращения. Компенсация центробежных сил производится при помощи специальных грузов, соединенных с кулачками рычагами. Они имеют следующие характеристики: наружный диаметр 250 мм; диаметр закрепляемых заготовок 15–240 мм; частота вращения 4000 с<sup>-1</sup>; сила зажима 6000 Н; масса 40,2 кг. В клинорежущих патронах противовесы могут быть выполнены в виде подпружиненных рычагов.

Для обработки деталей типа валов применяют поводковые патроны. Конструкция патронов должна обеспечивать: передачу максимального крутящего момента при черновой обработке; обработку заготовки на высоких оборотах вращения шпинделя; ориентирование заготовки по торцу; обработку заготовки с одной установки; быструю переналадку технологической системы при переходе на патронную обработку. Для установки валов на токар-



ных станках с ЧПУ применяют несколько способов. При первом способе для передачи крутящего момента заготовкам, установленным в центрах станка, применяют трехкулачковые патроны с самоустанавливающимися кулачками. При этом в качестве технологических баз используются центровые отверстия, а кулачки патрона являются поводками, которые передают крутящий момент. В случае базирования заготовки по переднему торцу используется плавающий центр. Недостатком способа является необходимость смены положения кулачков при изменении положения заготовки. При втором способе передача крутящего момента происходит с помощью рифленых эксцентриковых кулачков поводковых патронов. Под действием сил резания происходит самозатягивание кулачков, которое возрастает с увеличением сил резания. Недостатком способа является сложность переналадки при переходе на патронные работы. При третьем способе передача крутящего момента происходит за счет самоустанавливающихся зубьев или штырьков, расположенных на корпусе поводкового патрона. Надежность и долговечность штырьковых патронов определяются материалом штырьков и подшипниками вращающегося заднего центра. Поводковые штыри имеют симметричную конструкцию при изменении направления вращения в процессе обработки. Если направление вращения не меняется, то их конструкция выполняется асимметричной. При обработке стремятся обеспечить равенство наружного диаметра заготовки и окружности штырьков, однако допускается увеличивать диаметр заготовки в 2–3 раза.

Крутящий момент  $M_{кр}$ , передаваемый штырьками, должен быть больше момента резания:

$$M_{кр} > P_z \cdot \frac{D}{2},$$

где  $P_z$  — главная составляющая силы резания;  $D$  — диаметр обрабатываемой поверхности.

$$M_{кр} = P_{окр} \cdot \frac{D'}{2},$$

$$P_{окр} = m \cdot P,$$

тогда имеем

$$M_{кр} = mP \frac{D'}{2},$$

где  $m$  — число штырьков;  $P$  — окружная сила, передаваемая одним штырьком;  $D'$  — диаметр окружности центров штырьков;  $P_{окр}$  — общая окружная сила. Осевая сила  $P_o$ , действующая на один штырек, определяется из общей осевой силы  $P_o$ :

$$F = \frac{P_o}{m},$$

$$P = P_o + P_x - P_{пр},$$

$$P_{пр} = c \cdot l,$$

где  $c$  — жесткость пружины;  $l$  — длина хода пружины.

Окружная сила, передаваемая одним штырьком:  $P = kPO$ , где  $O$  и  $k$  — эмпирические коэффициенты ( $O = 1,1$ ;  $k = 0,63-0,89$ ).

Быструю переналадку или смену кулачков обеспечивают приведенные конструкции патронов (рис. 85а). Кулачки 9 патрона зацепляются со спиральным диском 8, в котором выполнен зубчатый венец 7 внутреннего зацепления, являющийся наружным колесом планетарной передачи. Центральное зубчатое колесо 10 передачи установлено на шлицевой втулке, шлицы которой контактируют с пальцами ползуна 11. Винтовые шлицевые пазы ползуна взаимодействуют с пальцами кольца 3, закрепленного на корпусе патрона. На водиле 5 планетарной передачи установлены сателлиты 6 и колесо самотормозящейся червячной передачи. Выступы на торцах червяка 4 входят в отверстия втулки 13. Для переналадки кулачков на требуемый диаметр ключом вращают втулку 13, которая посредством червяка 4 и колеса 1 поворачивает водило 5. При этом сателлиты, обкатываясь по неподвижному зубчатому колесу 10, вращают спиральный диск, перемещая радиально кулачки на требуемый диаметр.

Закрепление заготовки осуществляется посредством механизированного (пнеumo-, гидро- или электропривода, закрепленного на заднем конце шпинделя станка. Привод перемещает тягу 2 и ползун 11 влево. При этом пальцы кольца 3, входящие в винтовые пазы ползуна, поворачивают ползун, в результате чего центральное зубчатое колесо 10 вращает сателлиты, поворачивая зубчатое колесо 7 и спиральный диск 8, перемещающий кулачки, закрепляющие заготовку. При этом вследствие самоторможения червяка водило остается неподвижным.

Конструкция быстроналаживаемого клинового патрона ПБК показана на рисунке 85б. Быстрая смена или индивидуальная настройка кулачков 6 на тре-

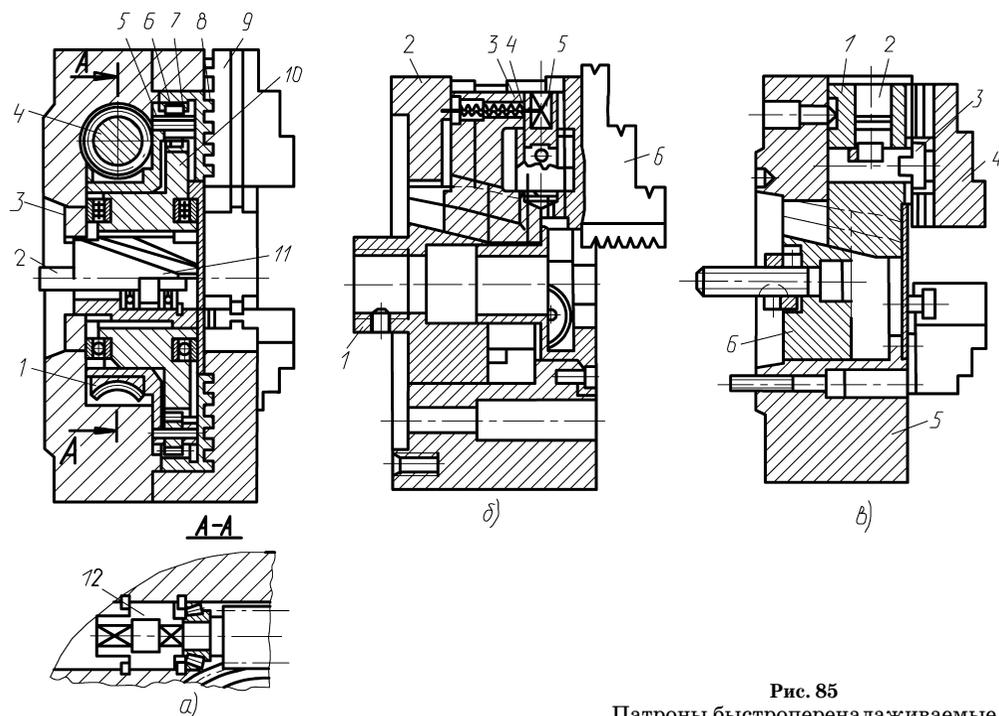


Рис. 85  
Патроны быстропереналаживаемые

буемый размер относительно основания 3 без последующего растачивания осуществляется поворотом винта 5 со срезанной резьбой при помощи ключа на 90° в фиксируемое подпружиненным шариком 4 положение. При этом кулачок 6 быстро вынимают из направляющих корпуса и заменяют другим или перемещают в требуемое положение. Для ориентации положения кулачка на торце корпуса выполнены концентричные окружности. После установки кулачка 6 на требуемый размер поворотом винта 5 резьбу винта вводят в зацепление с резьбой кулачка 6. При этом подпружиненный шарик 4 заскакивает в лунку винта с характерным щелчком, фиксируя его положение. Быстрая переналадка кулачков осуществляется поочередно, независимо друг от друга в течение 2 мин. Быстрый зажим заготовки осуществляется перемещением клиновой втулки 1 в корпусе 2 патрона посредством механизированного (пневматического, гидравлического или электромеханического) привода, устанавливаемого на заднем кольце шпинделя станка.

Патрон конструкций ПЗК (рис. 85в) состоит из корпуса 5, сменного 4 и основного 1 кулачков, эксцентрикового валика 2, посредством которого осуществляется закрепление кулачков, прижима 3 и штока 6. Для быстрой переналадки кулачков поворачивают ключом эксцентриковый валик 2. При этом прижим 3 раскрепляет кулачок. После перестановки кулачка 4 по зубцам оси нового кулачка 1 на требуемый размер или замены закаленного кулачка незакаленным его закрепляют поворотом эксцентрикового валика, что обеспечивает значительное сокращение времени переналадки по сравнению с переналадкой кулачков, закрепляемых посредством сухарей и винтов.

Для быстрой переналадки патрона на установку заготовок в центрах предназначен комбинированный универсально-наладочный патрон ПЗК-У (рис. 86). Он состоит из постоянной базовой части 7 и сменных наладок-вставок 5. Патрон, налаженный на патронные работы с применением сменной вставки 5, показан на рисунке 86а. Обработываемые заготовки центрируются и закрепляются кулачками 4, устанавливаемыми и закрепляемыми в пазах основных кулачков 1, раскрепление кулачка осуществляется прижимом 3. Сила зажима передается кулачкам от привода тягой 8 через втулку 6 с клиновыми пазами, взаимодействующими с клиновыми выступами кулачков 1. Закрепление кулачков 4 после переустановки или смены осуществляется тягой 8 посредством эксцентрикового валика 2.

В сменной вставке 5 (рис. 86б) установлен центр 9, поджатый пакетом тарельчатых пружин 10. Заготовка уста-

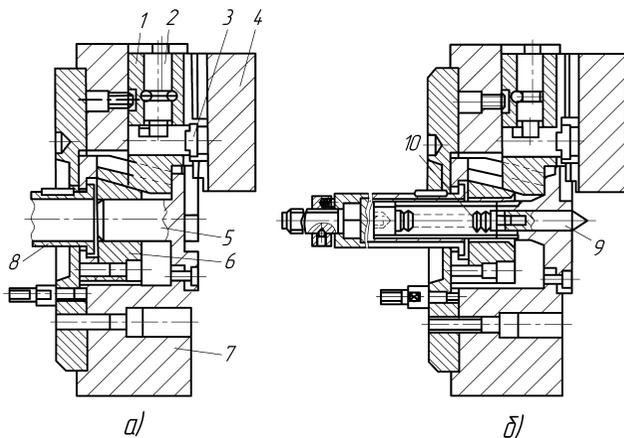


Рис. 86

Комбинированный патрон, налаженный на установку в кулачках (а) и в центрах (б)

навливается в центрах патрона и задней бабки станка. Крутящий момент передается заготовке самоустанавливающимися кулачками 4, что обеспечивается плаванием в радиальном направлении втулки 6, благодаря наличию широкой выточки в наружной цилиндрической поверхности сменной вставки 5.

**Приводы патронов в токарных станках с ЧПУ.** В токарных станках с ЧПУ применяют пневматические, гидравлические и электромеханические приводы патронов. Они должны обеспечивать минимальное время зажима-разжима заготовки; регулирование силы зажима для возможности на одних и тех же станках с ЧПУ производить черновую и чистовую обработку; достаточную силу зажима для передачи требуемого крутящего момента; поддержание давления воздуха (или масла) даже в случае аварийного падения давления.

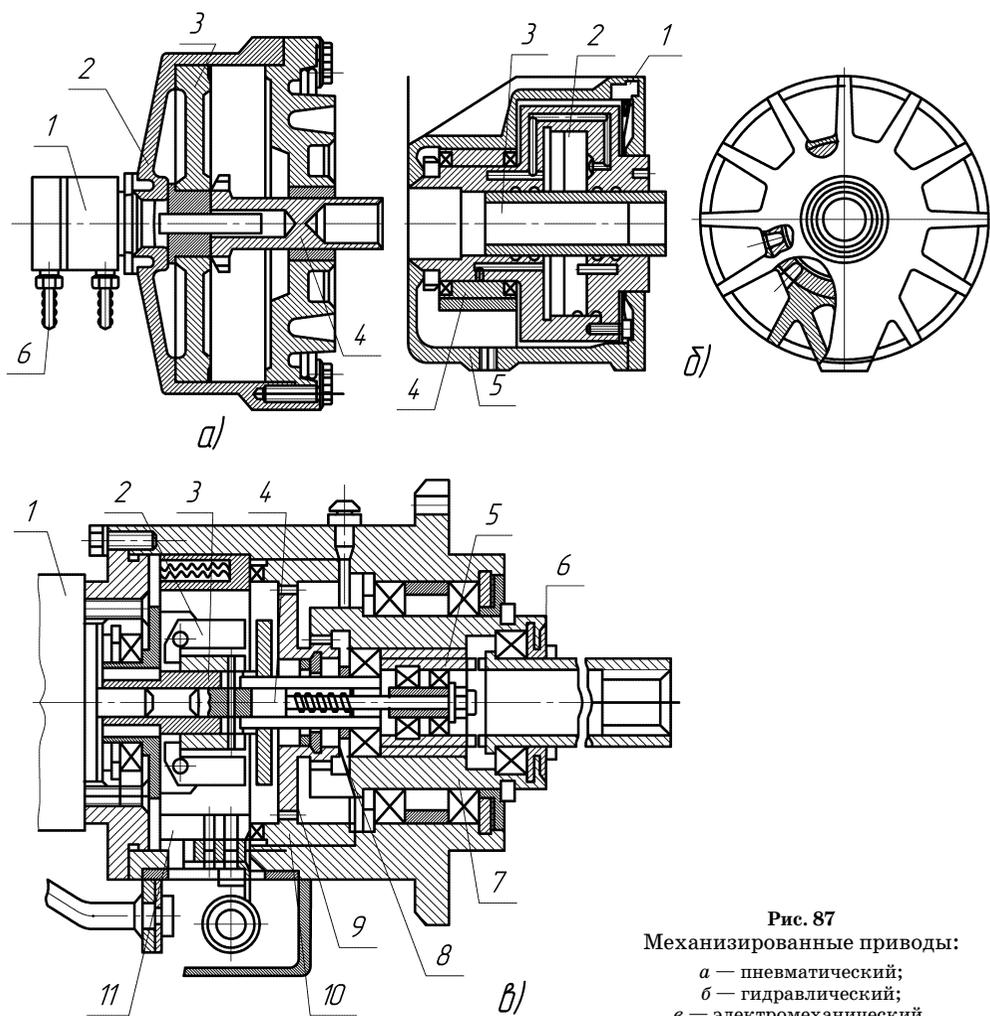
Надежность и безопасность работы кулачковых патронов, особенно вращающихся с высокой частотой, существенно могут быть повышены при согласовании систем управления патронами и станками. При этом должны быть реализованы следующие требования:

- шпиндель станка должен включаться лишь после подачи давления в цилиндр, при перемещении кулачков только в заданном диапазоне и после закрытия рабочей зоны станка;
- доступ в рабочую зону станка должен быть открыт только при не вращающемся шпинделе;
- заготовка должна раскрепляться только после останова шпинделя;
- при внезапном прекращении подачи энергии заготовка должна оставаться надежно закрепленной; одновременно должен быть подан сигнал для автоматического отключения привода шпинделя станка.

Пневматический вращающийся одинарный цилиндр П-Ц1Д (рис. 87а) состоит из двух основных частей: воздухопроводящей муфты 1 и цилиндра 2, устанавливаемого на заднем конце шпинделя станка. Для присоединения тяги патрона предназначено резьбовое отверстие на выступающем конце штока.

Воздухопроводящая муфта присоединяется к цилиндру через фланец с помощью винтов. Сжатый воздух подается через ниппель 6, центральное отверстие в стержне, осевое и радиальные отверстия в штоке в правую полость цилиндра. Под действием давления воздуха (0,4–0,6 МПа) поршень 3 перемещается влево, создавая на штоке 4 тянущую силу зажима. Через ниппель 5, радиальные отверстия и скосы в стержне сжатый воздух подается в левую полость цилиндра поршень перемещается вправо, создавая на штоке толкающую силу.

Гидравлические приводы позволяют создавать значительные силы зажима, что необходимо при высоких частотах вращения патронов для компенсации влияния действия центробежных сил, а также регулировать силу зажима. Гидравлический вращающийся цилиндр (ГЦВ) с полым штоком показан на рисунке 87б. Корпус 1 гидроцилиндра закрепляется посредством переходного фланца на заднем конце шпинделя станка. Шток 3 поршня 2 гидроцилиндра посредством ввинченной в него полой тяги соединяется с патроном. Масло от источника давления поступает в цилиндр двустороннего действия через гидравлическую муфту 4. Цилиндр установлен в неподвижном кожухе 5. Наличие



**Рис. 87**  
 Механизированные приводы:  
 а — пневматический;  
 б — гидравлический;  
 в — электромеханический.

отверстия в поршне и муфте позволяет устанавливать в патронах прутковые заготовки.

Электромеханический привод токарных патронов показан на рисунке 87в. При включении асинхронного электродвигателя 1 рычаги 2 под действием центробежных сил поворачиваются вокруг осей и заплечиками перемещают втулку 3 в осевом направлении. Последняя посредством штифта перемещает шток 4 и смонтированную на его конце в подшипниках муфту 5, которая при помощи кулачков входит в зацепление со шлицевым валиком 6. Вращательное движение от электродвигателя передается муфте 5 через эксцентриковый валик 8, планетарный механизм 10 шестерни 9 и шлицевое соединение шестерни 7. Кулачками 11, введенными в зацепление, передается вращение выходному шлицевому валу, который посредством шлицев соединяется с исполнительным механизмом патрона. Сила тяги — 25 000 Н, время зажима — 5 с.

### 7.3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ, СВЕРЛИЛЬНЫХ И РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

Универсальные и универсально-наладочные приспособления широко применяют на фрезерных, сверлильных и многоцелевых станках с ЧПУ в мелко- и среднесерийном производстве. К таким приспособлениям предъявляют следующие основные требования: высокая точность и жесткость; полное базирование заготовок в приспособлениях и связь с нулевой точкой станка; полное базирование приспособлений на станке, возможность обработки максимального числа поверхностей с одной установки заготовки; быстрая переналадка приспособлений; механизация зажима-разжима заготовок.

На фрезерных и сверлильных станках с ЧПУ применяют универсально-наладочные тиски с упорами для полного базирования заготовок плоских деталей, а также (при наличии сменных губок) деталей типа тел вращения. При установке на столе станка двух тисков возможно осуществить челночный метод обработки, причем во время обработки заготовки в первых тисках во вторых тисках производят смену заготовки. В универсально-наладочных тисках можно устанавливать более широкую номенклатуру заготовок, чем в универсальных, за счет установки заготовок в сменных наладках, устанавливаемых на губках или направляющих подвижной губки тисков.

Универсально-наладочные тиски (рис. 88) с пружинно-гидравлическим зажимом состоят из корпуса с неподвижной губкой 3, в расточке которого установлен поршень 1. Пакет тарельчатых пружин 2 через бурт втулки 6 и подшипник 7 воздействует на бурт винта 5, передавая силу зажима подвижной губке 4, закрепляющей обрабатываемую заготовку. Разжим заготовки и отвод подвижной губки осуществляется гидроцилиндром. Под действием давления масла поршень 1 перемещается вправо, сжимая пакет тарельчатых пружин 2. При этом винт 5 перемещает губку 4, освобождая заготовку. На верхних и боковых сторонах губок 3 и 4 тисков выполнены *m*-образные пазы, предназначенные для установки сменных наладок. Тиски комплектуются регулируемым упором 9, установленным в планке 8, предназначенным для полного базирования заготовок в тисках. Регулирование расстояния между губками осуществляется вращением винта 5 посредством рукоятки, надеваемой на квадратный конец винта.

На станках с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы применяют универсально-наладочные приспособления, базовой частью которых являются накладные плиты, в большинстве случаев жестко закрепляемые на столах станков. Сменные наладки, базирующие и зажимные элементы, сборочные единицы устанавливают и закрепляют на накладных плитах. Базовые накладные плиты

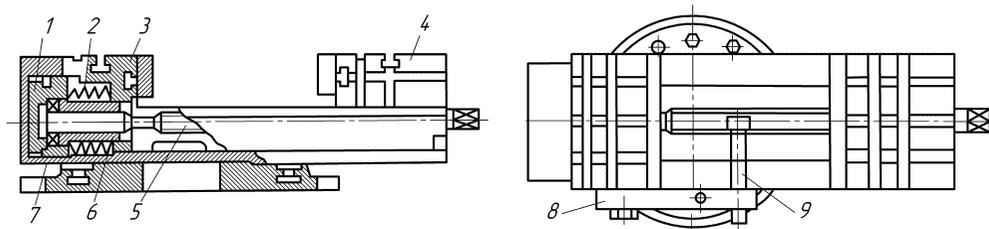


Рис. 88  
Тиски с пружинно-гидравлическим зажимом

выполняют с пазами, с сеткой пазов, с сеткой резьбовых отверстий, с сеткой пазов и цилиндрических отверстий, с пазами и сеткой цилиндрических отверстий, сеткой чередующихся цилиндрических и резьбовых отверстий, сеткой ступенчатых отверстий, верхняя часть которых выполнена цилиндрической, а нижняя — резьбовой. Цилиндрические гладкие отверстия используют для базирования установочных элементов, а пазы — для крепления установочных и зажимных элементов. Комплект системы КСС-1 (комплект столов-спутников) универсально-наладочных приспособлений (рис. 89а) состоит из унифицированных узлов: базовых плит и устанавливаемых на столе угольников 1 с точно расположенной сеткой координатно-фиксирующих отверстий (с шагом  $50 \pm 0,015$  мм), верхняя часть которой выполнена цилиндрической (диаметром 25Д7), а нижняя — резьбовой (М20). Отверстия предназначены для установки и закрепления сменных наладок — базирующих и зажимных элементов комплекта.

Различные компоновки угольников на базовой плите (рис. 89б) обеспечивают возможность сборки широкой номенклатуры приспособлений, в том числе многеместных. Приспособления могут быть установлены как на столе станка, так и на спутниках. В карте наладки указывается рабочее положение заготовки, а также места установки базирующих и крепежных элементов в соответствии с буквенно-цифровой индикацией отверстий плиты или угольника. Карта наладки передается на участок компоновки приспособлений. После обработки партии заготовок приспособление передается на участок сборки-разборки.

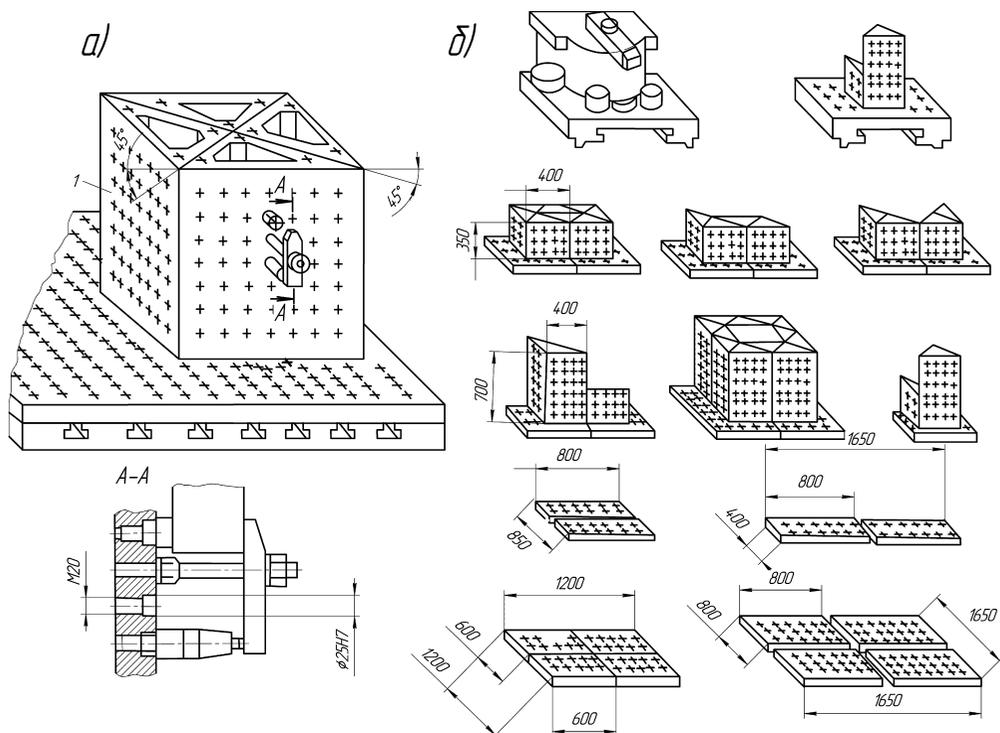


Рис. 89  
Комплект системы КСС-1 (а) и примеры компоновок (б)

Применение системы КСС-1 обеспечивает возможность разработки программы технологического процесса обработки для широкой номенклатуры заготовок; сокращение времени и расходов на проектирование и изготовление приспособлений; повышение производительности труда рабочих при компоновке приспособлений; использование рабочих более низкой квалификации вследствие упрощения компоновки; высокую точность базирования заготовок и ее ориентацию относительно начала координат станка (нулевой точки). Разработка программы технологического процесса с использованием технических данных комплекта КСС-1 и чертежа детали сокращают время технологической подготовки производства. Недостатком системы является ручное закрепление заготовок посредством гаек и ключа.

**Специализированные наладочные приспособления** применяют на фрезерно-сверлильных и многоцелевых станках с ЧПУ в серийном и крупносерийном производстве для установки родственных по конфигурации деталей. Специализированное наладочное приспособление состоит из базовой части — комбинированного трехкулачкового патрона (рис. 90а) — и комплекта сменных наладок, кулачков, опор и тяг, предназначенных для установки заготовок деталей типа фланцев, втулок, колец при обработке отверстий на сверлильных станках с ЧПУ. В корпус 5 патрона встроены гидроцилиндр 7 двустороннего действия, поршень 4 которого соединен посредством трех рычагов 3 с основаниями 2 кулачков. Патрон базируется относительно паза стола станка штырями 6. Масло в гидроцилиндр от источника давления поступает через быстроразъемные муфты 8 и 9. Сменные наладки-кулачки устанавливаются по зубьям оснований 2 кулачков, а опоры — по *m*-образным пазам. Для закрепления заготовок сверху быстроразъемной шайбой посредством тяги последняя ввинчивается во вкладыш,

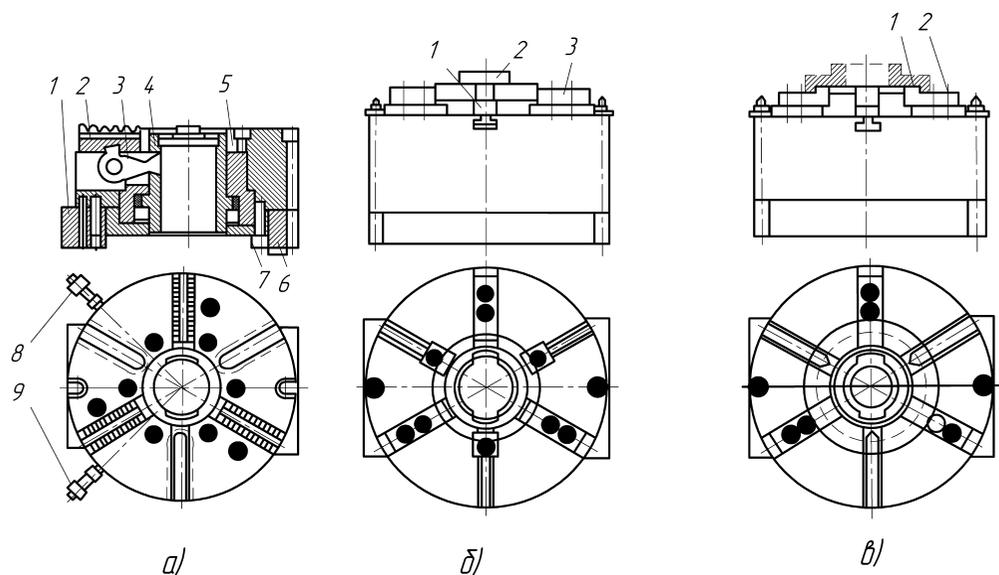


Рис. 90

Специализированные наладочные приспособления для установки заготовок деталей типа фланцев

устанавливаемый в выточку отверстия штока 4 поршня гидроцилиндра. Точное расстояние торцов полков 1 от патрона позволяет устанавливать на станке два патрона вплотную для обработки по программе двух заготовок.

Примеры компоновок специализированных наладочных приспособлений показаны на рисунке 90б, в. Заготовка 2 устанавливается на опорные планки, центрируется и закрепляется тремя кулачками 3 (рис. 90б). Заготовка 1 центрируется по внутренней цилиндрической поверхности сменными наладками-кулачками 2 (рис. 90в).

В серийном производстве при обработке на станках с ЧПУ заготовок небольших размеров несколькими инструментами можно эффективно использовать многоместные специализированные наладочные приспособления с последовательной обработкой заготовок одним из нескольких инструментов. Вначале одним из инструментов последовательно обрабатываются одинаковые поверхности во всех заготовках, затем осуществляется смена инструмента и обработка им этих же или других поверхностей и т. д. Такой способ обработки резко сокращает время, затрачиваемое на дополнительные перемещения (позиционирование) стола станка. Однако это время будет значительно меньше, чем время, затрачиваемое на смену инструмента. При этом увеличивается точность обработки, поскольку точность позиционирования стола выше точности повторной установки инструмента. Уменьшается также износ хвостовиков инструмента и корпусного отверстия шпинделя станка. Так, например, при обработке трех отверстий во фланцах тремя инструментами в одноместном приспособлении необходимо 9 раз произвести смену инструмента. При обработке этих отверстий в 10-местном приспособлении каждого отверстия последовательно одним инструментом требуется менять инструмент вместо 9 раз всего лишь 3 раза.

#### 7.4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ

На многоцелевых фрезерно-сверлильно-расточных станках с ЧПУ приспособления устанавливаются на плитах-спутниках, автоматически закрепляемых на поворотном столе станка. Особенностью этих приспособлений является их высокая жесткость. Заготовка может обрабатываться с четырех-пяти сторон.

На многоцелевых станках применяют модульные приспособления, которые состоят из базовых плит и угольников, на которые komponуются модульные установочные и зажимные элементы.

На рисунке 91 приведен комплект, предназначенный для базирования и закрепления заготовок корпусных деталей в точно фиксированном положении относительно системы координат при их обработке.

В комплект входят унифицированные универсальные столы-спутники 1 и универсальные угольники 2, имеющие сетку ступенчатых (гладких и резбовых) координатно-фиксирующих отверстий. Наличие комплекта различных установочных 3 и зажимных 4 элементов обеспечивает большое количество разнообразных компоновок приспособлений для обработки заготовок большой номенклатуры деталей на многоцелевых станках с ЧПУ в условиях единичного и мелкосерийного производства.

**Сборно-разборные приспособления (СРП) для многоцелевых станков с ЧПУ** состоят из базовых плит и базовых секционных угольников, на которые

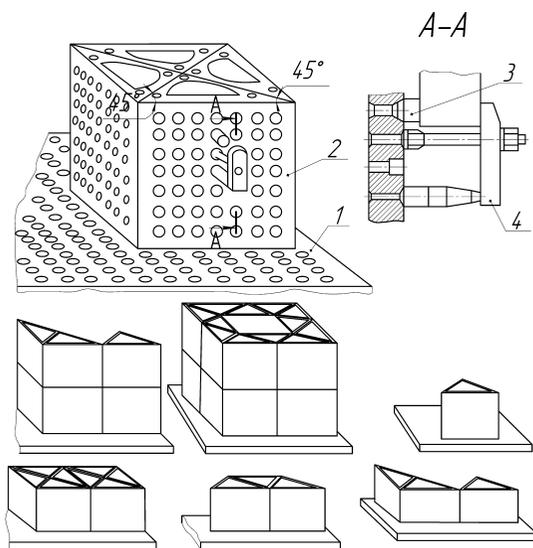


Рис. 91

Комплект элементов:

1 — плита; 2 — угольник универсальный; 3 — элемент установочный; 4 — элемент зажимной.

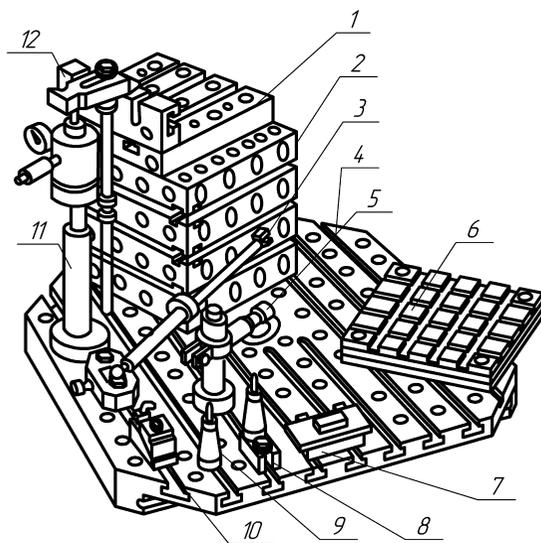


Рис. 92

Комплект элементов СРП:

1 — плиты опорные; 2 — секции угольника; 3 — распорки регулируемые; 4 — плиты базовые; 5 — опоры регулируемые универсальные; 6 — плиты квадратные; 7 — домкраты; 8 — опоры; 9 — подпорки винтовые; 10 — прижимы клиновые; 11 — прижимы секционные гидравлические; 12 — планки опорные трехпазовые.

крепят как модульные, так и специальные зажимы и крепежные элементы.

Комплект элементов, представленный на рисунке 92, состоит из базовых плит и угольников, установочных, зажимных и крепежных элементов.

Из комплекта компонуют сборно-разборные приспособления, предназначенные для базирования и закрепления заготовок корпусных и плоскостных деталей при их обработке на многоцелевых фрезерно-сверлильно-расточных станках с ЧПУ в условиях серийного производства.

**Универсальная сборная переналаживаемая оснастка (УСПО)** состоит из комплектов элементов и сборочных единиц различных конструкций, имеющих конкретное функциональное назначение, из которых методом агрегатирования можно компоновать без пригонки приспособления для выполнения любых операций. В отличие от систем УСП вместо шпоночного соединения элементов приняты беззазорные способы базирования элементов. УСПО устанавливаются на плитах-спутниках, применяемых при работе на многоцелевых станках с ЧПУ.

Комплект элементов УСПО предназначен для компоновки приспособлений для базирования и закрепления заготовок при обработке их на многоцелевых станках, ГПМ и ГПС в условиях серийного производства.

Комплект УСПО содержит три серии элементов: серия 8 (диаметр крепежа 8 мм, шаг 20 мм), серия 12 (диаметр крепежа 12 мм, шаг 30 мм), серия 16 (диаметр крепежа 16 мм, шаг 40 мм).

Комплект включает различные по функциональному назначению элементы:

- базовые плиты и угольники, служащие основанием приспособления;
- корпусные (опоры, подкладки, прокладки, планки для сбора корпуса приспособления);
- направляющие (призмы, установочные планки, пальцы, установочные втулки для создания баз и направления режущего инструмента);
- зажимные (прихваты, тисочные губки, прижимы для закрепления заготовок);
- крепежные (винты, шпильки, гайки, предназначенные для сборки приспособлений и закрепления заготовок);
- средства механизации (гидроцилиндры, рукава, арматура, гидроаккумуляторы, разъемные соединения).

Элементы УСПО соединяются между собой с помощью конических штифтов и разжимных втулок, обеспечивающих беззазорное соединение в сочленении штифт–отверстие.

## 7.5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

На автоматических линиях применяют два типа приспособлений: стационарные и приспособления-спутники. Стационарные приспособления жестко закрепляют на станках автоматической линии: в них подаются, базируются, закрепляются и обрабатываются заготовки. После выполнения предусмотренной обработки заготовки открепляются, удаляются из приспособления и передаются на транспортирующее устройство для перемещения на следующую позицию автоматической линии без потери ориентации. Чаще используют одноместные однопозиционные приспособления, реже — многоместные и многопозиционные (поворотные). Выполняя те же функции, что и обычные приспособления, приспособления автоматических линий имеют свои специфические особенности: подача и установка заготовок в эти приспособления должны осуществляться простейшим движением транспортирующего устройства линии или механической руки (автооператора).

Установочные элементы приспособлений, предназначенных для обработки заготовок корпусных деталей, часто выполняют в виде опорных пластин, являющихся продолжением направляющих планок транспортирующего устройства и располагаемых на одном уровне с ними. В этом случае заготовки перемещаются по прямолинейным траекториям, приспособления располагаются на одной прямой, а линия получается наиболее простой — со сквозным перемещением заготовок. Установка заготовок производится на ее нижнюю плоскость и два базовых цилиндрических отверстия. В качестве установочных элементов используются опорные планки и два выдвигных пальца с коническими фасками. После ввода заготовки в приспособление шаговым транспортером эти пальцы выдвигаются; их конические элементы выравнивают заготовку, а цилиндрическая (и ромбическая) часть пальцев точно фиксирует ее положение в приспособлении. При неподвижных установочных элементах (упорах) точная фиксация заготовок по ее базам достигается дополнительными прижимающими устройствами — досылателями, обеспечивающими плотный контакт базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений.



Для предупреждения брака обработки и аварийных ситуаций в приспособлениях часто предусматривается автоматический контроль правильности положения заготовки. Он осуществляется с использованием пневматических, электрических и других датчиков, показывающих положение заготовки по ее базовым дополнительным поверхностям. Нередко контроль осуществляется косвенно, по положению фиксаторов. Если, например, фиксирующий палец не вошел в базовое отверстие заготовки на нужную глубину, то ее положение считается неправильным и выполнение операции прерывается.

Работа приспособлений должна быть четко согласована с действиями агрегата и транспортирующего устройства. Конструирование этих приспособлений связано с проектированием автоматической линии и осуществляемого на ней технологического процесса. Приспособления автоматических линий должны быть надежными и безотказными в работе. Особое внимание должно уделяться очистке приспособлений от стружки путем создания наклонных стенок в корпусах приспособлений, а также перечисленных ранее мер ее принудительного удаления.

Наличие выдвигаемых установочных элементов и фиксаторов вызывает увеличение погрешности установки заготовки. Для обеспечения заданного качества продукции важно выполнение расчетов на точность обработки и выдерживание допуска на заданный размер. В частности, для приспособлений указанного типа большее значение имеют жесткость и расчет сил закрепления. Зажимное устройство должно быть надежным. Его часто выполняют самотормозящим путем введения клиньев и других запирающих элементов. В этом случае падение давления в магистрали сжатого воздуха, питающего пневмоцилиндры зажимного механизма, не ослабляет крепления заготовки.

Зажимное устройство не должно вызывать деформаций заготовки, которые могут снизить заданную точность обработки. При сложных формах заготовки сила и схема закрепления заготовки должны проверяться экспериментально, на стадии эскизной проработки приспособления. При простых формах заготовки деформацию определяют расчетом.

На рисунке 93 показана схема приспособления для обработки корпусной детали на автоматической линии. Заготовка 1 перемещается по планкам 2 шаговым транспортером с собачками 3 на строго определенное расстояние. Штанга транспортера проходит снизу под приспособлением, а его планки лежат на

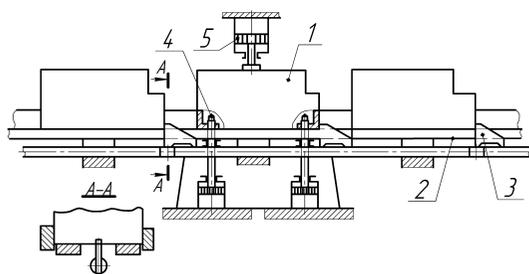


Рис. 93

Устройство для перемещения установки заготовок корпусных деталей на автоматической линии

одном уровне с опорными планками приспособления. Окончательная фиксация заготовки происходит по двум базовым отверстиям выдвигаемыми пальцами 4, а крепление — посредством гидроцилиндра 5. Управление гидроцилиндрами шагового транспортера, выдвигаемых пальцев и зажима производится механизмом синхронизации автоматической линии.

Приспособления-спутники представляют собой устройства, которые

сопровождать закрепленную в них заготовку по всем позициям автоматической линии. С помощью спутников достаточно просто решается задача ввода заготовок в рабочие зоны всех позиций автоматической линии. Спутники применяют при обработке трудно транспортируемых заготовок сложной конфигурации с постоянством баз. В качестве последних используют достаточно развитые поверхности заготовки, обработанные или необработанные, обеспечивающие ее устойчивое положение в приспособлениях на всех позициях линии. Все стадии обработки выполняются при одном закреплении заготовки.

Приспособление-спутник в простейшем случае представляет собой плиту прямоугольной формы в плане, которая с закрепленной на ней заготовкой последовательно перемещается по всей трассе линии с помощью шагового транспортера. В начале линии на спутнике устанавливается и закрепляется заготовка, в конце линии она открепляется и снимается.

Возврат спутников в исходное положение производится специальным транспортером, на одном участке которого спутники моют для удаления с них стружки. Количество спутников на линии на 20–30 % превышает количество позиций линии, включая 5–10 % на ремонт спутников. Корпус спутника должен иметь развитую опорную плоскость. Для направления спутника используют боковые площадки или пазы, которыми он скользит по планкам транспортирующего устройства.

На рисунке 94 приведена схема спутника. К его корпусу 1 привернуты стальные закаленные планки 2, которыми он скользит по направляющим транспортирующего устройства 3. Палец 4 и втулка 5 служат для фиксации

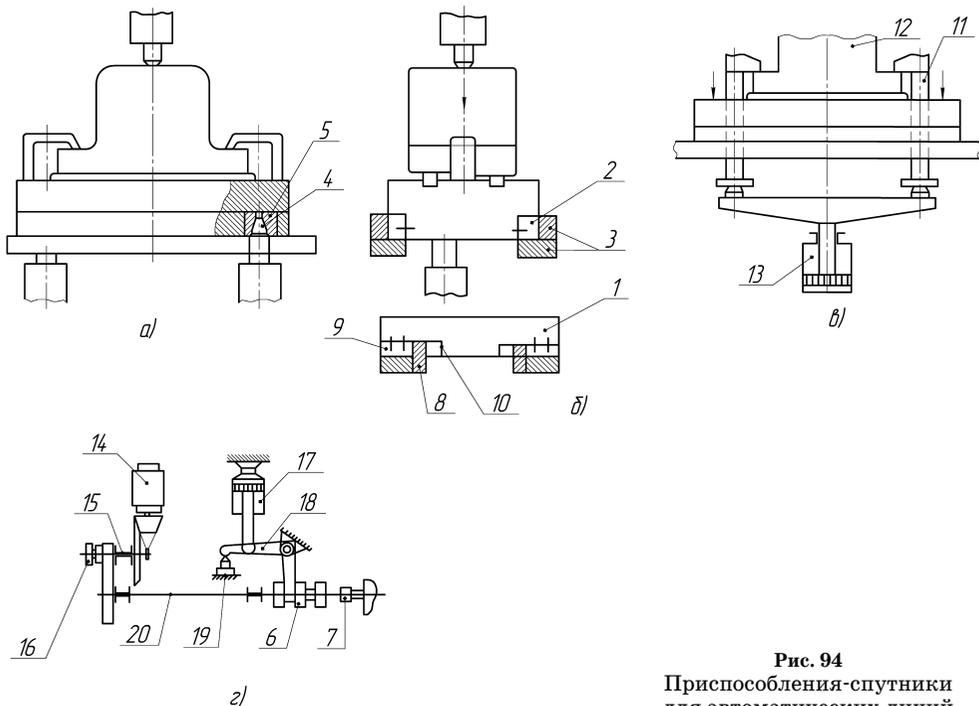


Рис. 94  
Приспособления-спутники  
для автоматических линий

спутника на позиции линии. Другой вариант направления спутника показан на рисунке 94б. Корпус 1 скользит по опорным планкам транспортера 3, а боковое направление обеспечивается пластинами 8. Для уменьшения износа к корпусу спутника привернуты стальные закаленные планки 9 и 10.

Спутник на рабочей позиции линии фиксируется с помощью двух пальцев 4 с конической заточкой (см. рис. 94а). Пальцы входят во втулку 5, запрессованную в корпусе спутника. Точность фиксации спутников должна быть не менее 0,05 мм. Более точная фиксация может быть получена, когда спутники на рабочих позициях линии прижимаются к боковым и торцовому упорам специальными гидроцилиндрами. После открепления спутник возвращается на трассу транспортера.

На каждой рабочей позиции линии спутник прижимается к жесткому основанию с помощью пневмо- или гидроцилиндров. Для повышения надежности его закрепление часто производится через клиновую самотормозящую систему. Перемещение спутников с одной позиции на другую обычно производится с помощью шагового устройства, схема работы которого показана на рисунке 93. Реже применяют перенос спутников двумя штангами. Закрепление заготовки на спутнике осуществляется после ее установки на те или иные базы резьбовыми прихватами (рис. 94а) вручную или с помощью вспомогательных агрегатов. В качестве последних используют электро- или пневмовинто-развертывающие устройства (гайковерты), смонтированные на стационарных стойках в начале и в конце (для открепления заготовок) линий.

Применение пневматических или гидравлических зажимных устройств затруднено, так как подвод сжатого воздуха или рабочей жидкости к движущемуся спутнику весьма сложен.

На рисунке 94в показан способ крепления заготовки на плите спутника с помощью пружинных z-образных прихватов 11. При установке и снятии заготовки 12 эти прихваты отжимаются вверх с помощью пневмо- или гидроцилиндра 13. Этот способ крепления обеспечивает постоянную, но недостаточно большую силу закрепления.

На рисунке 94г показана принципиальная схема устройства для затяжки винтового зажима 7 спутника. На валу 20 по скользящей шпонке перемещается муфта 6 с торцовым ключом. Вращение на вал передается от электродвигателя 14 через пару конических и пару цилиндрических зубчатых колес. На промежуточном валу 15 смонтирована фрикционная муфта 16, передающая на вал 20 заранее установленный крутящий момент. При подаче масла в верхнюю полость гидроцилиндра 17 через рычажную систему 18 происходит подвод ключа и включение электродвигателя от пускового устройства 19. Через определенный промежуток времени происходит подача масла в нижнюю полость цилиндра. Ключ отводится в исходное положение, и электродвигатель останавливается. В более совершенных системах заготовка устанавливается и закрепляется, а также освобождается и снимается со спутника с помощью специальных автоматических устройств.

Кроме рассмотренных имеются поворотные спутники для многопозиционной обработки, а также спутники для многоместной обработки.

Применение приспособлений-спутников повышает надежность работы линии, так как закрепление и открепление заготовки происходит один раз, улуч-



шаются условия очистки приспособлений от стружки, но несколько ухудшается доступность подвода рабочих инструментов к заготовке с разных сторон.

Приспособления-спутники одной автоматической линии должны быть взаимозаменяемы. Точность их изготовления по основным размерам, влияющим на точность обработки, обычно принимают 0,1–0,2 допуска на выдерживаемый размер.

К недостаткам автоматических линий со спутниками относятся некоторое усложнение транспортирующих устройств из-за необходимости возврата спутников в исходное положение, увеличение общей стоимости линий в результате этого и сравнительно большого числа спутников; большее количество стыков и сопряжений в технологической системе при использовании спутников затрудняет создание промежуточных заделов на отдельных участках линии. Работа последней обычно выполняется с жесткими транспортными связями.

В последнее время наметился переход от цельных к составным спутникам, включающим основную плиту, узлы установки и крепления заготовки, а также другие вспомогательные элементы. Их преимущества: возможность унификации и нормализации; простота изменения при смене обрабатываемых деталей; большие возможности переналадки линий; удобства ремонта спутников.

Сила, необходимая для перемещения спутника:  $P = (G_1 + G_2)f$ , где  $G_1$  — вес приспособления-спутника;  $G_2$  — вес заготовки, закрепляемой в спутнике;  $f$  — коэффициент трения между спутником и направляющими планками.

Если вес спутника с заготовкой распределяется на обе направляющие планки неравномерно, то согласно рисунку 95 может возникнуть перекося спутника, в результате чего возникают дополнительные силы трения на боковых направляющих. В этом случае сила перемещения спутника

$$P = R_1 f + R_2 f + 2Rf,$$

где  $R_1, R_2$  — реакции горизонтальных направляющих планок от веса  $G_1$  и  $G_2$ ;  $R$  — реакция вертикальных направляющих планок из-за перекося спутника.

$$R_1 + R_2 = G_1 + G_2,$$

$$RL = (R_1 + R_2) \cdot f \cdot a,$$

где  $L$  — длина спутника;  $a$  — расстояние от центра тяжести спутника с заготовкой до линии действия силы  $P$ . Отсюда получим

$$P = f \cdot (G_1 + G_2) \cdot \left(1 + 2f \cdot \frac{a}{L}\right).$$

Допуски на размеры приспособлений-спутников, влияющих на точность обработки, следует определять на основе решения соответствующих размерных цепей данной технологической системы. На рисунке 96а показана

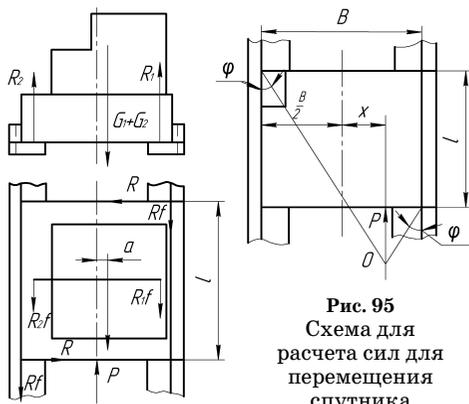


Рис. 95  
Схема для  
расчета сил для  
перемещения  
спутника

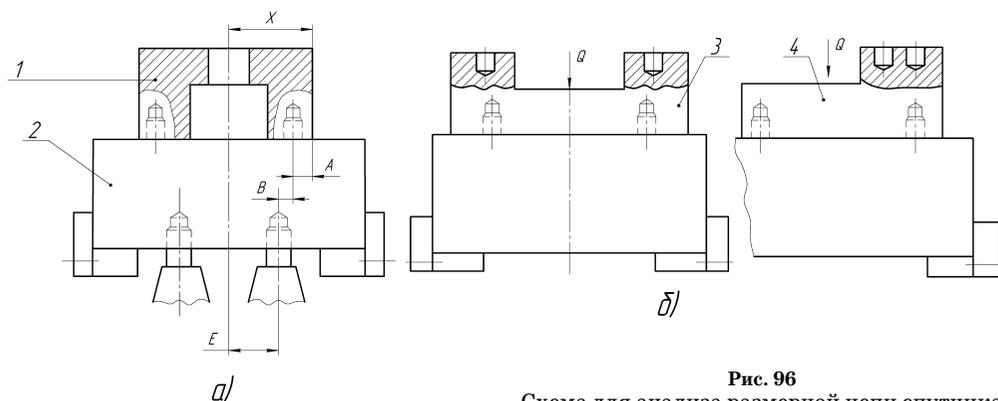


Рис. 96

Схема для анализа размерной цепи спутника

на схема растачивания отверстия в заготовке 1, установленной на спутнике 2. При растачивании требуется выдержать размер  $X$  от оси отверстия до базовой плоскости заготовки. Размер  $X$  является замыкающим звеном размерной цепи, составляющими звеньями которой будут размеры  $A$ ,  $B$  и  $E$ . При решении размерной цепи по максимуму и минимуму допуск на размер  $B$  приспособления-спутника

$$\delta_B = \delta_X - \delta_A,$$

где  $\delta_X$  — допуск на заданный размер;  $\delta_A$  — допуск на размер  $A$  заготовки от оси базового отверстия до базовой плоскости.

Допуск на размер  $E$  принимается равным нулю, так как расстояние от оси расточного шпинделя до оси фиксирующего пальца для данной позиции автоматической линии можно считать постоянным.

При решении размерной цепи на базе теории вероятностей допуск на размер  $B$

$$\delta_B = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left( \frac{\delta_X^2}{t^2} - \lambda_1 \delta_A^2 \right)},$$

где  $\lambda$ ,  $\lambda_1$  — соответственно коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения размеров  $B$  и  $A$ ;  $t$  — коэффициент, определяющий долю риска получения брака по выдерживаемому размеру при обработке.

Находят применение приспособления-спутники для групповых и переменнo-поточных (переналаживаемых) автоматических линий. В конструкциях этих спутников предусматривается возможность установки и закрепления различных заготовок. Они имеют соответствующие установочные элементы и зажимные устройства. Последние выполняют постоянными или сменными. Постоянные зажимные устройства позволяют закреплять различные, обрабатываемые с помощью данного приспособления заготовки. Их конструктивное оформление связано с учетом размеров и конструктивных особенностей заготовок. В отдельных случаях они имеют быстросменные детали в виде подкладных шайб, планок и других элементов.

На рисунке 96б показана схема приспособления-спутника, рассчитанного на обработку двух однотипных деталей 3 и 4 различных размеров. Установку их производят на два базовых отверстия, а закрепление — одним зажимом.

Автоматические спутниковые линии широко применяют при обработке сложных корпусных деталей (картеров, поворотных кулаков рулевого управления, балок передних мостов и др.). Спутники используют также при обработке деталей вращения (тормозные барабаны), применяя при неподвижной заготовке вращающиеся резцовые головки.

## 7.6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

### 7.6.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Захватные устройства являются рабочими органами промышленных роботов. Они предназначены для захватывания и удерживания предмета производства или технологической оснастки. Предметы производства могут иметь различные размеры, форму, массу, что требует применения захватных устройств разного характера. Поэтому захватные устройства относятся к сменным элементам промышленных роботов — оснастке. Промышленные роботы (ПР) могут комплектоваться набором типовых захватных устройств, которые можно применять в зависимости от конкретных требований. Захватные устройства являются важнейшим элементом конструкции ПР. Расширение области применения ПР непосредственно связано с возможностью быстрой переналадки захватных устройств. Гибкость ПР в значительной мере определяется гибкостью захватных устройств, обеспечивающих возможность быстро переналаживаться для захвата различных заготовок (в пределах заданной номенклатуры).

К захватным устройствам ПР предъявляется ряд требований: надежность захвата и удержание заготовки; стабильность базирований; универсальность, т. е. способность захватывать и удерживать заготовки в широком диапазоне типоразмеров; высокая гибкость — легкая и быстрая переналадка или смена захватного устройства; малые габариты и масса.

Захватные устройства состоят из привода, передаточного механизма и захватных элементов (пальцев или губок). Приводы захватных устройств подразделяются на пружинные, пневматические, гидравлические, электромеханические, электромагнитные, магнитные, вакуумные. Преимущества пневматического привода — простота конструкции, отсутствие специальной рабочей среды и ее смены, удобство подвода энергии (не требуется сливной магистрали), отсутствие течи, легкое регулирование, возможность использования в зонах высоких температур. Недостаток — большие габариты при сравнительно малых силах из-за низкого давления сжатого воздуха (0,4–0,5 МПа), поэтому пневматические приводы используются лишь для захвата малых и средних заготовок.

Для зажимных устройств с пневматическими приводами характерно применение передаточных механизмов, выполняющих роль механизмов-усилителей, способных увеличить силу, развиваемую приводом. Передаточные механизмы подразделяются на простые, клиновые, рычажные, кулачковые, реечные и комбинированные, являющиеся сочетанием простых. Гидравлический привод обеспечивает большие силы при малых габаритах благодаря высокому давлению масла, что в сочетании со способностью к регулированию предопределяет его достаточно широкое применение. Для зажимных устройств с гидравлическим приводом широко используют реечно-шестеренчатые передачи.

Электромеханические приводы с самотормозящимися червячными и винтовыми передачами находят пока ограниченное применение ввиду их сложности.

По типу захватов захватные устройства подразделяются на механические, магнитные, вакуумные, с эластичными камерами.

**Механические захватные устройства** применяют для обслуживания металлорежущих станков с ЧПУ. Такие устройства по числу захватов подразделяют на одно- и многозахватные. По способу базирования заготовок их подразделяют на центрирующие и нецентрирующие.

Наиболее широко промышленные роботы применяют для обслуживания токарных станков, обеспечивая загрузку-разгрузку заготовок деталей типа тел вращения. Для автоматического поджима заготовок типа дисков по торцу при установке их в патроне захватные устройства снабжают подпружиненными упорами.

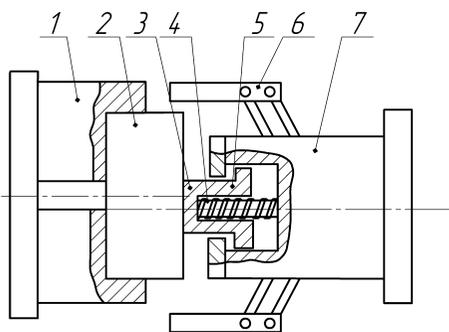


Рис. 97  
Захватные устройства  
с подпружиненным упором

На рисунке 97 показана конструктивная схема захватного устройства для установки в двух- или трехкулачковый патрон. Упор 3 установлен в полости корпуса 7 с крышкой. При установке роботом заготовки 2 в патрон 1 упор 3 под действием пружины 4 поджимает заготовку к торцу патрона, и губки 6 захвата раскрепляют заготовку, упор 3 возвращается в исходное положение до контакта с ограничителем 5.

По характеру крепления захватных устройств рабочего органа к ПР они подразделяются на четыре группы. Несъемные захватные устройства — неотъемлемая часть конструкции ПР. Замена таких устройств не предусматривается. Сменные захватные устройства — самостоятельные агрегаты с базовыми поверхностями для крепления к рабочему органу. Быстросменные захватные устройства — сменные агрегаты с конструкцией базовых поверхностей для крепления к рабочему органу робота. Автоматизированные захватные устройства, конструкция базовых поверхностей которых обеспечивает возможность автоматического закрепления на рабочем органе робота.

**Несъемные захватные устройства** предназначены для взаимодействия с одной определенной деталью, не требуют переналадки. Такие захватные устройства характерны для массового производства. Захват деталей разных размеров обеспечивается раскрытием губок из расчета размеров наибольшей детали (широкодиапазонные захватные устройства). В качестве несъемных захватных устройств применяют целевые (специализированные) широкодиапазонные устройства, предназначенные для захвата сходных по конфигурации заготовок, обеспечивающие возможность перехода с одного типоразмера заготовок на другой в серийном производстве.

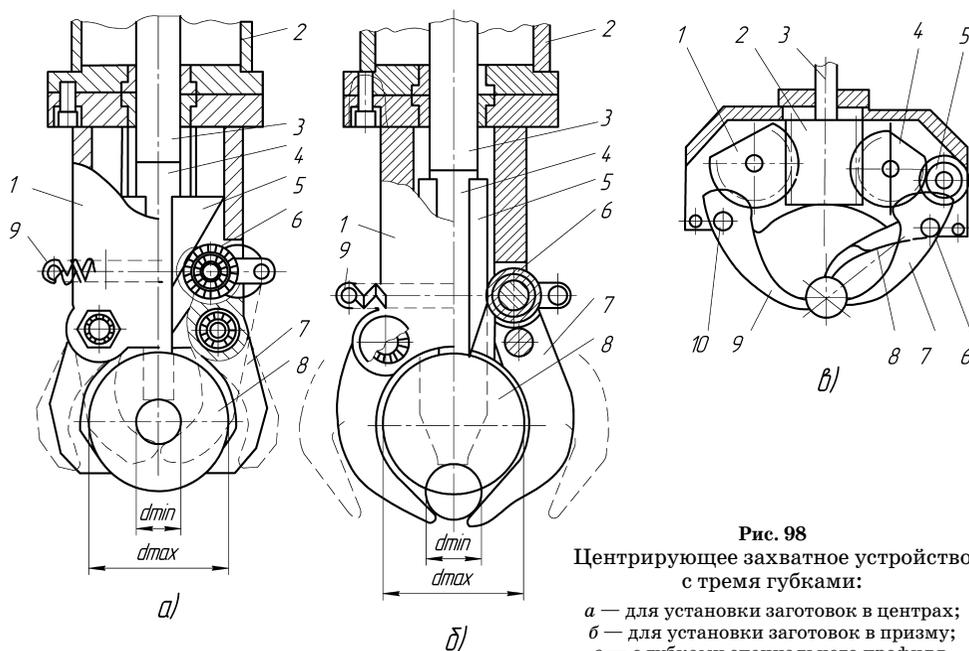
Для установки цилиндрических заготовок (валов, дисков, фланцев) в патроне или центрах токарных станков применяют целевые центрирующие зажимные устройства, обеспечивающие базирование заготовок по оси симметрии аналогично базированию заготовок на станке.

Такие широкодиапазонные центрирующие захватные устройства без замены губок применяют трех типов: клещевого (с поворотным движением губок); с плоскопараллельным движением губок; с тремя захватными губками, перемещающимися к центру и от центра заготовки.

Широкодиапазонные центрирующие захватные устройства клещевого типа без замены губок не обеспечивают постоянства положения оси заготовок. Смещение оси заготовки при изменении ее диаметра может привести к дополнительным перегрузкам. Для сокращения смещения до минимума губки профилируют так, что в определенном диапазоне диаметров обеспечивается центрирование заготовок различного диаметра. Верхние части губок выполняют одинаковой ширины и располагают одну против другой, а нижние выполняют срезанными. При таком исполнении губок они способны заходить одна за другую. Это позволяет надежно центрировать заготовки типа валов даже в том случае, когда в зоне действия губок окажется ступенька с перепадом диаметров.

Центрирующие захватные устройства с тремя губками (рис. 98) сохраняют положение оси или наружных базирующих поверхностей в широком диапазоне диаметров заготовок. Устройства имеют подвижную вдоль оси симметрии захватного устройства опору, перемещаемую в направлении заготовки. Торцы опоры контактирует с заготовкой. Две поворотные зажимные губки кинематически связаны с опорой посредством кулачкового механизма, позволяющего перемещать зажимные губки по заданному закону, обусловленному формой заготовки и особенностями ее базирования.

Устройство, показанное на рисунке 98а, предназначено для установки заготовок в центрах, а на рисунке 98б, в призму. Корпус 1 захватного устройства прикреплен винтами к рабочему органу 2 робота, в котором установлен пнев-



**Рис. 98**  
Центрирующее захватное устройство с тремя губками:

- a* — для установки заготовок в центрах;
- б* — для установки заготовок в призму;
- в* — с губками специального профиля.

мо- или гидроцилиндр со штоком 3. Последний жестко соединен с подвижной опорой 4, на которой установлен кулачок 5. Захватные губки 7 имеют на концах ролики 6, контактирующие с кулачками 5. Пружина растяжения 9 создает силовое замыкание кулачкового механизма. Заготовка 8 контактирует с рабочими поверхностями подвижной опоры 4 и захватных губок 7. Для захвата заготовки рука робота с захватным устройством перемещается сверху вниз в положение, соответствующее оси заготовки (независимо от ее диаметра). При этом заготовка находится между разведенными губками. После этого привод перемещает опору 4 и кулачок 5 вниз, в результате чего губки 7 одновременно с опорой перемещаются к заготовке. Профилирование кулачков позволяет независимо от размера диаметра заготовки обеспечить синхронное касание трех контактирующих элементов заготовкой, обеспечивая ее центрирование.

В захватном устройстве (рис. 98б) для захвата заготовок, устанавливаемых в призму, перемещение рабочего органа заканчивается тогда, когда захватное устройство займет положение, при котором рабочие поверхности губок 7 будут представлять собой продолжение рабочих поверхностей призмы, в которую устанавливается заготовка, а затем обеспечивается поджим заготовки к губкам подвижной опорой 4. Широкодиапазонное центрирующее захватное устройство с тремя губками (рис. 98в) обеспечивает сохранение оси заготовок независимо от их диаметров. Устройство имеет три губки специального профиля, на которых выполнены зубчатые секторы. Две губки 7 и 8 свободно установлены на общей оси 6, а губка 9 — на оси 10, зубчатые секторы губок 7 и 9 закрепляются с одинаковыми зубчатыми колесами 1 и 4, зацепляющимися одновременно с рейкой 2 и соединенной с тягой 3 привода. Зубчатый сектор губки 8 зацепляется с зубчатым колесом 4 через промежуточное зубчатое колесо 5. При перемещении рейки 2 зубчатые колеса 4 и 1 поворачивают губки 7 и 9 на одинаковый угол. При этом колесо 4 через промежуточное зубчатое колесо 5 поворачивает губку 8 на тот же угол навстречу губке 7. Губки сходятся к центру заготовки таким образом, что углы между каждой из губок и направлениями от их осей на ось заготовки остаются одинаковыми при любом раскрытии губок, что обеспечивает центрирование заготовки. Такое устройство обеспечивает больший, чем приведенные выше конструкции, диапазон захвата заготовок при тех же габаритах устройства, но конструкция его сложнее.

**Несменяемые захватные устройства со сменными губками** применяют для захвата различных заготовок при загрузке, разгрузке их в приспособлениях станков. Сменные губки к пневматическому рычажному захватному устройству крепятся винтами (рис. 99а).

Захватное устройство с зубчатым механизмом со сменными захватами показано на рисунке 99б. В корпусе 1 на осях свободно установлены две пары рычагов 2 и 3–5, зубчатые секторы рычагов 3 и 4 зацепляются с рейкой 7, соединенной с тягой привода зажимного устройства. Рычаги попарно соединены с кронштейнами 6 и 9, к которым крепятся сменные губки 8, 10 и 11. Рычаги, кронштейны с губками и корпус образуют два шарнирных механизма, которые обеспечивают центрирование захватываемых заготовок плоских деталей (с губками 9) или цилиндрических (с губками 10 и 11).

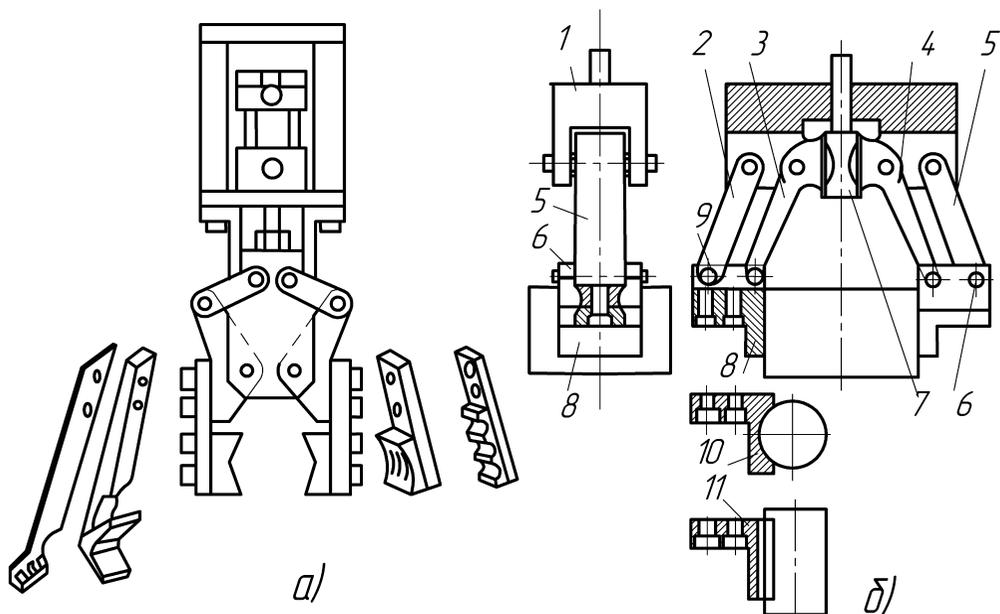


Рис. 99

Захватные устройства со сменными губками:

*а* — с шарнирно-рычажным механизмом; *б* — с зубчатым и рычажным.

Сменные захватные устройства применяют в серийном производстве при обработке заготовок большими партиями. Наибольшее распространение получило фланцевое крепление сменных захватных устройств к роботу (рис. 100).

На ПР выполняется фланец с центральным центрирующим отверстием и резьбовыми отверстиями, расположенными на окружности. Такая конструкция позволяет размещать часть элементов захватных устройств (например, привод рабочего органа) внутри робота. Предусмотрено два исполнения фланцев: круглой и квадратной формы (с одинаковыми для обоих исполнений ко-

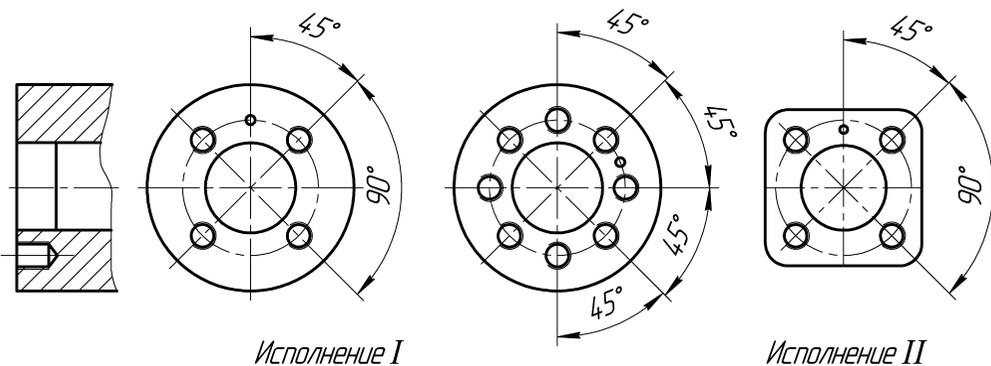


Рис. 100

Сменные захватные устройства:

*I* — исполнение с круглым фланцем; *II* — исполнение квадратным фланцем.

ординатами крепежных отверстий, что обеспечивает их взаимозаменяемость). На круглых фланцах больших размеров выполняют четыре дополнительных крепежных отверстия, обеспечивающих большую грузоподъемность захватов.

**Быстросменные захватные устройства** (рис. 101) применяют в серийном и мелкосерийном производстве при обработке заготовок небольшими партиями. При установке в жесткозакрепленный на рабочем органе 13 робота корпус 2 сменного захватного устройства 12 оправка 9 смещает клапан 5 влево, сжимая пружину 3 до западания шариков 7 в кольцевую проточку оправки (рис. 101а). При этом пружина 4 перемещает гильзу 6 вправо до упора в неподвижное кольцо 10, прижимая шарики 7, фиксирующие захват в осевом направлении. Торцовое шпоночное соединение 11 фиксирует захват от поворота. Для смены захватного устройства гильзу 6 перемещают влево вручную, сжимая пружину 4. Шарики под действием пружины 3, перемещающей клапан 5 вправо, смещаются в кольцевую проточку 8 гильзы. При этом клапан 5 перекрывает канал 1 для подвода рабочей среды пневмо- или гидропривода, а оправка 9 смещается вправо. После этого наладчик снимает захватное устройство и заменяет его другим. Время установки и фиксации захватного устройства — не более 0,1 мин.

Конструктивным исполнением мест крепления быстросменных захватных устройств может иметь байонетное крепление. Такое крепление может быть использовано как для быстрой ручной, так и для автоматической смены захватных устройств. Конструкция мест крепления быстросменных захватных устройств к рабочему органу робота показана на рисунке 101б. В рабочем органе 1 робота выполняется гнездо для установки хвостовика 2 быстросменного захватного устройства и фиксаторный палец 3. Для замены захватного устройства необходимо повернуть его на 90° (вид А-А) и вынуть из гнезда, предварительно вынув фиксатор.

**Автоматизированные захватные устройства** применяют в многосерийном производстве при обработке заготовок минимальными партиями. Такие устройства могут быть автоматически перенастраиваемыми и автоматически за-

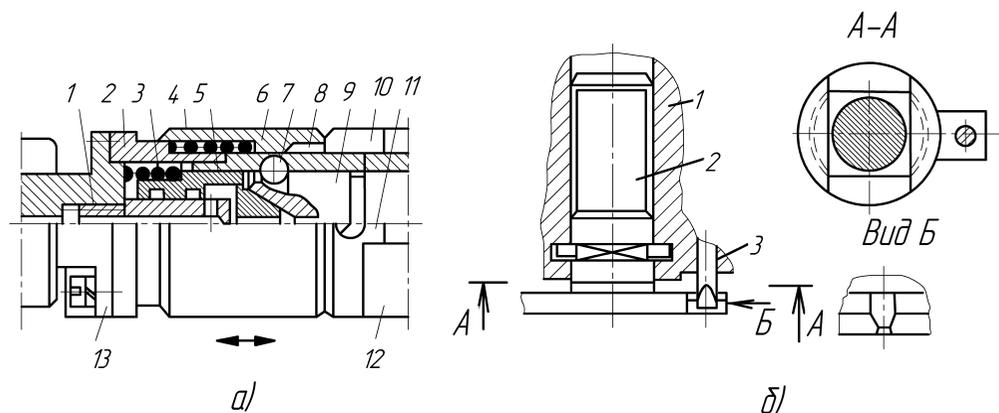


Рис. 101  
Быстросменные захватные устройства

меняемыми. Автоматическая переналадка захватных устройств в соответствии с геометрическими параметрами заготовки значительно повышает их универсальность.

Автоматическое переналаживаемое захватное устройство (рис. 102а) состоит из корпуса 12 с губками 8, зубчатые секторы которых зацепляются с рейкой 9, соединенной со штоком поршня пневмоцилиндра 10, подвижно установленного в корпусе. Цилиндр 10 может перемещаться гидроцилиндром 11, масло в который нагнетается из бака 7 насосом 6 через распределитель 1. Положение цилиндра 10 определяется преобразователями 3 и 2, задающим блоком 5 и настраиваемым сигналом блока сравнения 4. Такая конструкция позволяет обеспечить постоянное (минимальное) время зажима-разжима заготовок различных размеров.

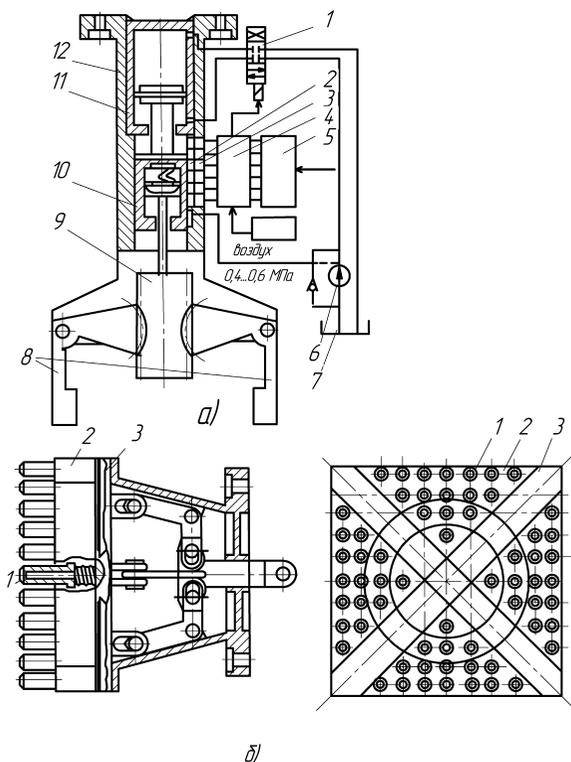


Рис. 102  
Автоматические переналаживаемые захватные устройства

Многопальцевое автоматически переналаживаемое захватное устройство с подпружиненными пальцами 1, установленными на каретках 2, перемещающихся относительно корпуса 3, показано на рисунке 102б. При подходе к заготовке и соприкосновении с ней часть пальцев, перекрываемых головкой, утапливается. При сближении кареток пальцы, оставшиеся нетопленными, захватывают и зажимают заготовку.

Для хранения сменных захватных устройств могут быть использованы магазины стационарного, подвижного и комбинированного типов. Магазин сменных захватных устройств выполняется в виде поворотного диска с кодовыми гребенками. Поворот диска осуществляется от гидропривода через зубчатую передачу. В диске попарно расположены фиксирующие пальцы, ориентирующие по окружности сменные захватные устройства. На торцах захватных устройств выполнены *m*-образные пазы, которые при установке захватных устройств в магазин образуют кольцевой паз, с которым взаимодействуют два гидравлических *m*-образных прихвата, установленных на двухплечем поворотном рычаге, снабженном зажимными элементами. В исходном положении прихваты вводятся в пазы сменных захватов, установленных в магазине. Выбор и смена требуемой пары захватов осуществляется при вращении магазина.

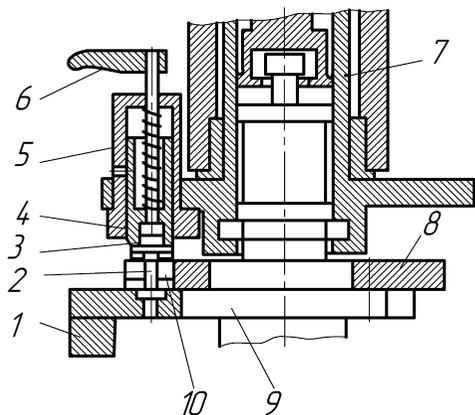


Рис. 103

Устройство автоматической смены захватов

Схема механизма (рис. 103) выполнена на основе быстрого захватного устройства (см. рис. 101б). Захватные устройства хранятся в гнездах магазина, выполненного в виде неподвижной стойки или поворотного диска.

Захватное устройство опирается на торцовую поверхность магазина 1 фланцем 8 и центрируется цилиндрическим пояском 9 по отверстию гнезда магазина, имеющему вырез для прохода верхней части корпуса захватного устройства. Угловое положение захватного устройства определяется штифтом 2. Угловая фиксация захватного устройства в рабочем органе 7 робота осуществляется фиксатором 4, представляющим собой подпружиненный плунжер с роликом 3. Он закрепляется во втулке 5, установленной на рабочем органе 7 робота. От поворота плунжер удерживается винтом. Он соединен также с рукояткой 6 для ручной расфиксации захватного устройства. Поскольку штифт 2 магазина входит в тот же паз 10 фланца 8, что и ролик 3 фиксатора, в момент установки захватного устройства в магазин штифт 2 отжимает фиксатор. Это позволяет рабочему органу 7 робота вместе с фиксатором повернуться на  $90^\circ$ , что необходимо для расстегивания байонетного замка. При повороте рабочего органа 7 на  $90^\circ$  ролик 3 от сжатого фиксатора катится по поверхности фланца 8. После поворота на  $90^\circ$  рабочий орган 7 робота уходит вверх, а захватное устройство остается в гнезде магазина 1. Для установки в рабочий орган робота нового захватного устройства рабочий орган, перемещаясь вертикально, надевается на его хвостовик. Фиксатор, повернутый в это время на  $90^\circ$  относительно паза, взаимодействуя с фланцем, отжимается. При повороте рабочего органа на  $90^\circ$  байонетный замок застегивается. При этом ролик 3 катится по поверхности фланца 8. В конце поворота ролик подходит к торцу штифта 2. Затем рабочий орган робота поднимается вместе с захватным устройством. При этом паз 10 захватного устройства сходит со штифта 2, и фиксатор под действием пружины входит в паз. При обслуживании одним роботом нескольких единиц оборудования автоматическая смена захватов может оказаться единственно возможным решением, если на станках одновременно обрабатываются детали различной конфигурации и массы.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ И АДАПТИВНЫХ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИНСТРУМЕНТА

Эффективность работы станков с ЧПУ, повышение их производительности в значительной мере зависят от технического уровня вспомогательного инструмента, обеспечивающего возможность сокращения всех составляющих штучно-калькуляционного времени.

Сокращение основного времени, достигаемое интенсификацией режимов резания, может быть обеспечено в результате повышения жесткости вспомогательного инструмента, увеличения силы закрепления режущего инструмента, особенно оснащенного твердосплавными неперетачиваемыми пластинами и изготовленными из сверхтвердых материалов, а также за счет применения конструкций патронов, исключающих влияние центробежных сил на точность обработки.

Уменьшение времени, затрачиваемого на базирование и закрепление заготовок, может быть обеспечено за счет применения вспомогательного инструмента, обеспечивающего расширение технологических возможностей станка (сменных угловых головок, токарных головок для вращающихся инструментов и т. п.).

Сокращение времени на смену инструмента может быть достигнуто за счет быстросменности вспомогательного инструмента, предварительно настроенного вне станка, сокращения числа смен за счет применения многошпиндельных головок.

Сокращение основного и вспомогательного времени работы станка может быть достигнуто концентрацией переходов при применении многошпиндельных головок.

Уменьшение подготовительно-заключительного времени оказывает существенное влияние на сокращение времени простоя станка с ЧПУ, особенно в мелкосерийном производстве. Поскольку переналадка станка заключается лишь в смене программносителя, сокращение подготовительно-заключительного времени обуславливается главным образом сокращением времени замены инструмента и приспособлений. Сокращение

времени замены вспомогательного инструмента в сборе с режущим достигается их предварительной настройкой вне станка. Может использоваться установка в револьверных головках или инструментальных магазинах, а также быстрая смена револьверных головок или автоматическая смена магазинов с установленным заранее вне станка необходимым вспомогательным инструментом в сборе с режущим инструментом. Можно сформулировать следующие требования к вспомогательному инструменту для станков с ЧПУ.

1. Крепление режущего инструмента с требуемой точностью, жесткостью и виброустойчивостью.
2. Регулирование (при необходимости) положения режущих кромок относительно координат технологической системы станков с ЧПУ.
3. Расширение технологических возможностей станков с ЧПУ.
4. Концентрация технологических переходов.
5. Удобство в эксплуатации (быстросменность, простота сборки, наладки и др.).
6. Технологичность изготовления.

## 8.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА И ЕГО ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Классификация вспомогательного инструмента в соответствии с его назначением для различных групп станков с ЧПУ и степенью их автоматизации приведены на рисунке 104.

Конструкция вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ определяется его основными элементами: присоединительными поверхностями для



Рис. 104  
Классификация вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ

установки его на станке и для установки режущего инструмента. Устройства, осуществляющие автоматическую смену инструмента и его закрепление на станке, определяют конструкцию хвостовика, который должен быть одинаковым для всего инструмента к данному станку. Для получения заданных размеров деталей без пробных проходов в соответствии с программой необходимо ввести в конструкцию вспомогательного инструмента устройства, обеспечивающие регулирование положения режущей кромки. Эти обстоятельства привели к появлению разнообразных переходников (адаптеров), у которых хвостовик сконструирован для конкретного станка, а передняя закрепляющая часть — для режущего инструмента со стандартными присоединительными поверхностями (призматическими, цилиндрическими и коническими).

Переходники образуют комплект вспомогательного инструмента, состоящий из резцедержателей, патронов, оправок различных конструкций, предназначенных для закрепления режущего инструмента. Комплект в сочетании с прибором предварительной настройки должен обеспечивать наладку инструмента для работы на станке с ЧПУ.

Для выполнения своей функции вспомогательный инструмент имеет присоединительные поверхности, которые должны соответствовать существующим способам закрепления и смены инструмента на станках и обеспечивать закрепление всех видов режущего инструмента.

Типаж присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента, необходимых для закрепления режущего инструмента, только на одном многоцелевом станке превышает несколько сотен типоразмеров. Поэтому при закреплении концевого режущего инструмента отдают предпочтение взаимозаменяемым универсальным конструкциям типа переходных патронов и втулок, устанавливаемых в шпинделе станка. Применяют переходные цельные и разрезные сменные втулки (цанги), в которых непосредственно закрепляется режущий инструмент.

Дальнейшая унификация типов вспомогательного инструмента осуществляется путем использования и взаимозаменяемости агрегатов между моделями и видами станков с ЧПУ.

Быстрое развитие станков с ЧПУ требует преимущественного выбора вспомогательного инструмента таких конструкций, освоение серийного производства которых связано с наименьшими трудностями. В связи с этим предпочтение отдают конструкциям, разделенным на рациональное число составных частей по принципу агрегатирования.

При выборе вспомогательного инструмента предпочтение следует отдать конструкциям с элементами, регламентированными стандартами, что обеспечивает преемственность конструкций и снижение себестоимости производства инструмента. Применение таких конструкций позволяет увеличить объем выпуска однотипной продукции и расширить использование более совершенных технологических процессов и форм организации инструментального производства, что также приводит к снижению себестоимости вспомогательного инструмента. Критериями выбора оптимальных конструкций вспомогательного инструмента при их разработке являются универсальность, жесткость, точность, переналаживаемость и другие, которые определяют исходя из основного критерия — эффективности эксплуатации станков с ЧПУ (рис. 105).



**Рис. 105**  
Критерии выбора оптимальных конструкций вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ

При выборе материала для вспомогательного инструмента исходят из следующих требований к его присоединительным поверхностям: параметра шероховатости  $Ra=0,2-0,8$  мкм, твердости HRC 52...58. Такие требования обусловлены многократными нагружениями соединений вследствие частой смены инструментальных блоков, которая вызывает изнашивание поверхностей и снижение точности установки инструмента. Для изготовления корпусных деталей вспомогательного инструмента рекомендуется применять сталь 18ХГТ с цементацией на глубину  $h=1,0-1,2$  мм и последующей закалкой. Зажимные цанги изготавливаются из стали 60С2А с закалкой до HRC 48...52. Для поводков и сухарей, передающих крутящие моменты, применяется сталь 40Х с закалкой до HRC 44...50.

## 8.2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Вспомогательный инструмент токарных станков должен обеспечивать закрепление резцов, сверл (с коническим и цилиндрическим хвостовиками), зенкеров, разверток, метчиков и плашек. К вспомогательному инструменту предъявляются следующие основные требования, обеспечивающие повышение качества и производительности обработки: предварительная (вне станка) настройка режущего инструмента на заданные размеры обработки; быстросменность при переналадках и быстрая смена затупившегося инструмента; достаточная точность и жесткость; унификация присоединительных размеров и универсальность применения; возможность использования автоматического крепления и смены режущего инструмента; возможность выполнения всех технологических операций, предусмотренных технической характеристикой станка. На-

ибо более широкое распространение получили станки с револьверными головками, позволяющими закрепить режущий инструмент с помощью вспомогательного инструмента, или с непосредственным закреплением режущего инструмента в точных пазах головки. Способы установки вспомогательного инструмента в револьверной головке различны. Широко применяется центрирование по конусу или цилиндрическому хвостовику с креплением винтами за фланец, прижимными винтами в лыску хвостовика, зажимными сухарями за цилиндрический хвостовик и рифленным клином по лыске цилиндрического хвостовика. Эти способы крепления вспомогательного инструмента получили распространение на патронно-центровых станках, имеющих шести- и восьмигранные револьверные головки. На одной грани головки может быть закреплено несколько резцедержателей с режущим инструментом для наружной и внутренней обработки.

Револьверная головка для станка 16К20ФЗ с ЧПУ показана на рисунке 106. В головке могут устанавливаться до шести инструментов (1–6 для центровых работ) или до трех инструментальных блоков с инструментом для обработки внутренних поверхностей (для патронных работ).

Базирование осуществляется по направляющим в виде призм, сфер или типа «ласточкина хвоста», а также креплением эксцентриком или прижимными планками. Используют базирование по призмам с креплением прихватами. Реже применяют крепление вспомогательного инструмента по зубчатому венцу с креплением эксцентриком или винтами, базирование по шпонке или штифтам с креплением винтами, а также базирование по крутому конусу с креплением эксцентриком.

На токарных станках с ЧПУ применяют две подсистемы вспомогательного инструмента: с цилиндрическим хвостовиком и с базирующей призмой, предназначенных для установки режущего инструмента в револьверной головке.

В подсистеме вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком надежное и точное соединение вспомогательного инструмента (резцедержателей 1 с револьверной головкой) обеспечивают цилиндрические хвостовики с прецизионной по шагу гребенкой (см. рис. 107).

Зубья гребенки зацепляются с зубьями втулки 2, ось которой расположена под углом в плоскости, перпендикулярной плоскости оси хвостовика державки. При завинчивании винта 3 зубцы втулки 2 закрепляют державку 1 одновременно в осевом и радиальном направлениях. Жесткость такого соединения превышает жесткость соединения без рифлений в 3 раза. Подсистема включает резцедержатели с различным расположением пазов под резцы 16, 20, 25, 32, 40 мм.

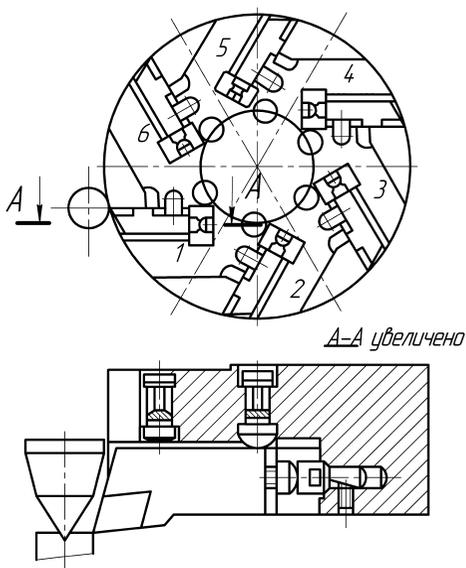


Рис. 106  
Револьверная головка

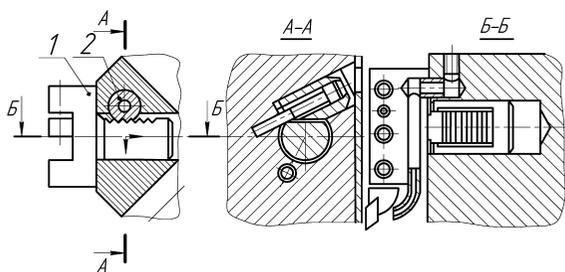


Рис. 107

Схема соединения резцедержателя с цилиндрическим хвостовиком с револьверной головкой

Базирование и крепление с помощью цилиндрического хвостовика (рис. 107 и рис. 108а-в) обеспечивают надежное центрирование инструмента. Этот способ широко используется на станкостроительных заводах, изготавливающих и эксплуатирующих универсальные револьверные станки, токарные автоматы и полуавтоматы.

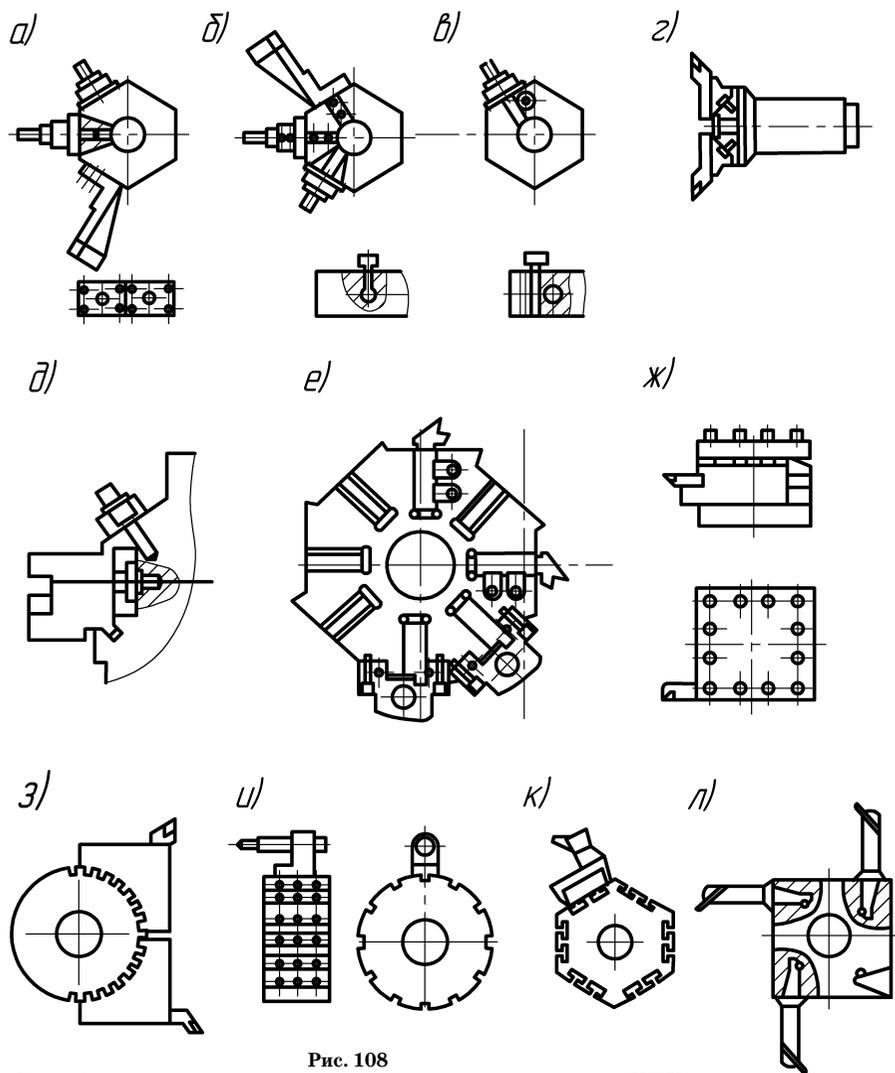


Рис. 108

Способы крепления инструментов на токарных станках с ЧПУ

В станках с ЧПУ используется также комбинированная установка вспомогательного инструмента (рис. 108*з*) на призматические направляющие (две призмы или призма и плоскость) в сочетании с цилиндрическим хвостовиком.

Резцедержатели с установкой на призматические поверхности (рис. 108*д*) применяют на станках с четырехпозиционными револьверными головками, предназначенными для центровых и патронно-центровых работ. Этот способ позволяет с помощью нескольких сухарей устанавливать на одной грани револьверной головки независимо друг от друга несколько резцедержателей. В продольном направлении резцедержатели фиксируются сухарем, который входит в специальный паз. Через этот сухарь СОЖ подводят к инструменту.

На центровых токарных станках с ЧПУ широко применяют револьверные головки (рис. 108*е*) с непосредственным креплением режущего инструмента. Реже используют четырехгранные резцедержатели (рис. 108*ж*).

На ряде станков вспомогательный инструмент базируют по зубчатому венцу револьверной головки (рис. 108*з*). Резцедержатели имеют зубчатый венец с зубьями внутреннего зацепления, прижимы которых осуществляются эксцентриком. Этот способ обеспечивает необходимую жесткость крепления, а также позволяет располагать резцедержатели под углом относительно друг друга. Недостаток: относительная сложность нарезания зубьев. Очень редко применяют способы установок, приведенные на рисунке 108*и–л*.

Наличие различных способов крепления вспомогательного инструмента на участках токарных станков с ЧПУ усложняет работу инструментально-раздаточных кладовых, и поэтому с целью взаимозаменяемости вспомогательного инструмента принято единое исполнение присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента и револьверных головок станков.

### 8.2.1. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ХВОСТОВИКОМ

На цилиндрические присоединительные поверхности инструмента и станков разработан ГОСТ 24900-81 «Хвостовики державок цилиндрические для токарных станков с программным управлением. Основные размеры».

Резцедержатели 2.1–2.9 (см. рис. 109) предназначены для закрепления резцов сечением от 16×16 до 40×40 мм. Резцедержатели 2.1; 2.2; 2.4; 2.7; 2.8; 2.9 предназначены для установки инструмента для обработки наружных поверхностей. Резцедержатели 2.3 и 2.5 предназначены для установки инструмента для обработки внутренних поверхностей, выточек, расточек и др. (в резцедержателе 2.5 можно крепить отрезные резцы). Для обработки труднодоступных выточек и канавок применяют инструмент, устанавливаемый в резцедержателе 2.6. Для контурного наружного точения применяют удлиненный резцедержатель 2.9 с открытым пазом. Резцедержатели 2.1–2.9 (за исключением двустороннего 2.6) могут быть левого и правого исполнения. В переходной втулке 2.10 устанавливают режущий инструмент или переходной вспомогательный инструмент с хвостовиком диаметром 16–40 мм.

Державки 2.11 предназначены для установки перовых сверл. Переходная жесткая втулка 2.12 и патрон 2.13 с самоустанавливающейся втулкой предназначены для установки режущего инструмента с хвостовиком с конусом Морзе. Резцедержатели или борштанги 2.14 и 2.15 предназначены для растачивания резцами глубоких отверстий диаметром 70–250 мм; патрон 2.16 — для установки метчиков.

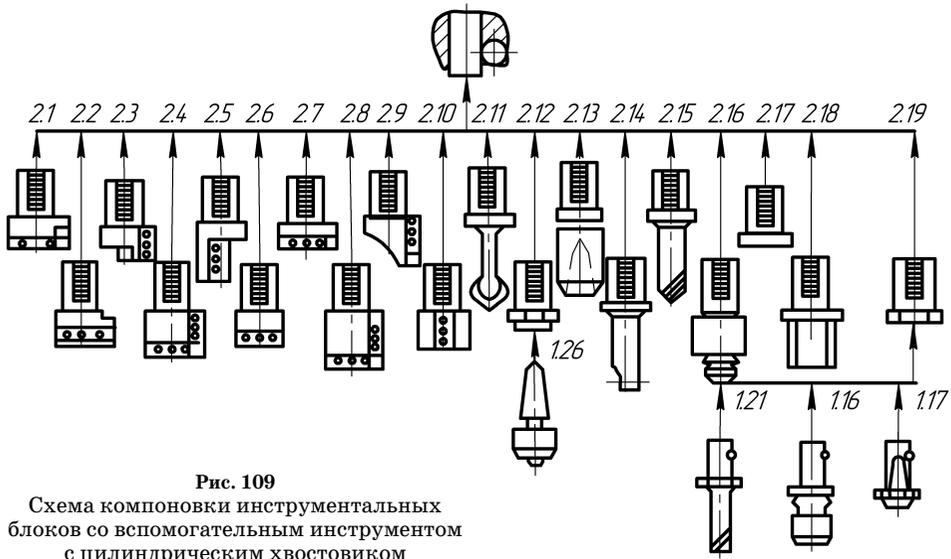


Рис. 109  
 Схема компоновки инструментальных  
 блоков со вспомогательным инструментом  
 с цилиндрическим хвостовиком

При установке в патроне специальной вставки можно нарезать резьбу плашками. Переходная разжимная втулка 2.17 предназначена для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром 8–32 мм. Переходные втулки 2.18 и 2.19 с диаметром отверстия 36 и 48 мм позволяют использовать на станках токарной группы инструмент сверлильно-расточных и фрезерных станков. Применение системы вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком позволяет сократить его номенклатуру на токарных станках с ЧПУ примерно в 2 раза.

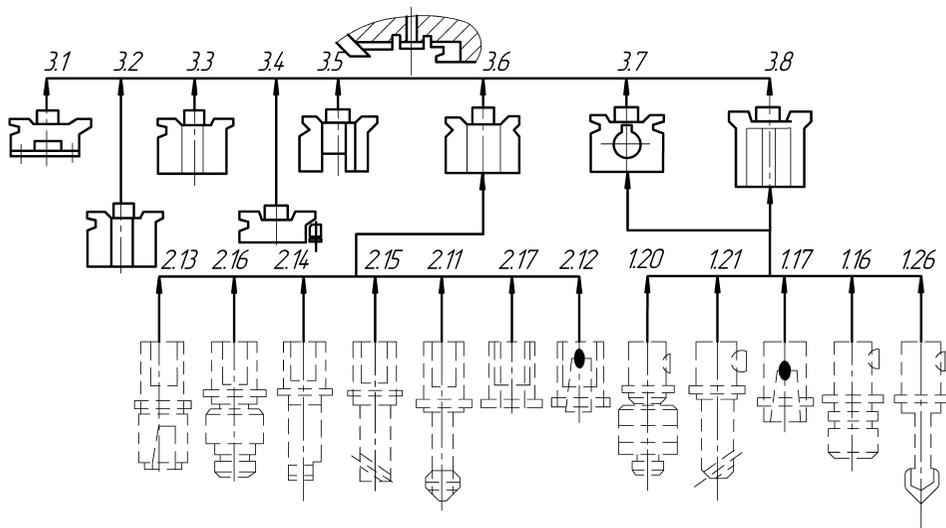
### 8.2.2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ С БАЗИРУЮЩЕЙ ПРИЗМОЙ

На призматические присоединительные поверхности инструмента и станков разработан ОСТ 2У16-1-78.

Подсистема вспомогательного инструмента с базирующей призмой и различным расположением пазов под резцы размером 16, 20, 25, 32, 40 мм показана на рисунке 110.

Двусторонний резцедержатель 3.1 имеет высокую жесткость, его применяют в системах с любым расположением револьверной головки при любом направлении вращения шпинделя, он позволяет использовать полную мощность станка при черновых операциях. Режущий инструмент сечением от 16×16 до 40×40 мм устанавливают в открытом или закрытом пазе. Инструмент предварительно настраивают вне станка в резцедержателе регулировочными винтами. Жесткий резцедержатель 3.2 с открытым перпендикулярным пазом имеет правое и левое исполнения, позволяет вывести режущий инструмент за габарит револьверной головки. Резцедержатель 3.3 позволяет устанавливать два резца. Универсальный трехсторонний резцедержатель 3.5 имеет несколько меньшую жесткость, чем резцедержатель с открытыми и закрытыми пазами.

Держатель 3.6 предназначен для установки вспомогательного инструмента к токарным станкам с цилиндрическим хвостовиком диаметром 30–60 мм (поз. 2.11–

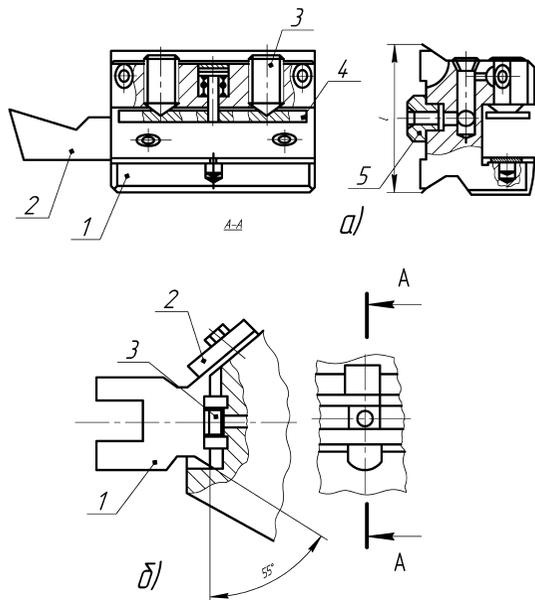


**Рис. 110**  
 Схема компоновки инструментальных блоков  
 со вспомогательным инструментом с базировочной призмой

2.17). Держатели 3.7 и 3.8 имеют два исполнения и предназначены для установки инструмента к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы с цилиндрическим хвостовиком диаметром 36 и 48 мм (поз. 1.16, 1.17, 1.20, 1.21, 1.26). Применение блока 3.4 обеспечивает увеличение подачи СОЖ в зону резания. Подсистема обеспечивает возможность унификации резцедержателей с резцедержателями подсистемы с цилиндрическим хвостовиком.

В подсистеме вспомогательного инструмента с базировочной призмой надежное и точное соединение резцедержателей с револьверной головкой (рис. 111а) обеспечивается присоединительным элементом, выполненным в виде базировочной призмы с размером  $l=56, 72, 90, 115$  и  $140$  мм.

Резец 2 устанавливают в резцедержатель 1 и закрепляют двумя винтами 3 через планку 4. Резцедержатель 1 устанавливают в револьверную головку (рис. 111б) по нижней и боковой поверхностям призмы и фиксируют относительно паза револьверной головки сухарем 3. Закрепляют резцедержатель 1 прихватом 2.



**Рис. 111**  
 Схема соединения резцедержателя с базировочной  
 призмой с револьверной головкой

### 8.2.3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ

Анализ технологических процессов обработки деталей типа тел вращения показал, что на токарных станках достаточно острой является проблема быстрого перехода к осуществлению операций сверления отверстий, расположенных не по оси вращения детали, фрезерования лысок, шпоночных пазов и т. п. Указанная проблема решается путем создания и применения многоцелевых токарных станков. Дополнительные функции токарного станка обеспечиваются за счет оснащения шпинделя станка приводом его углового позиционирования и приводом вращения инструмента.

К инструментальной системе токарных многоцелевых станков предъявляются следующие требования: высокая точность фиксации инструмента (0,5–1,0 мкм); высокая жесткость фиксации корпуса инструментодержателя; наличие вращающегося инструмента, обеспечивающего обработку элементов детали в радиальном и осевом направлениях.

Для многоцелевых токарных станков с ЧПУ станкостроительных заводов ВНИИ-инструмент разработал комплект специального вспомогательного инструмента. В состав комплекта входят: блоки для закрепления резцов для наружной токарной обработки; блоки для закрепления расточных резцов и сверл с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстий, соосных со шпинделем; прямые и угловые головки для вращающегося инструмента, в том числе с цанговым патроном для закрепления сверл и фрез с цилиндрическими хвостовиками, с конусом Морзе для закрепления инструмента с коническим хвостовиком, с метчиковым патроном для нарезания резьбы.

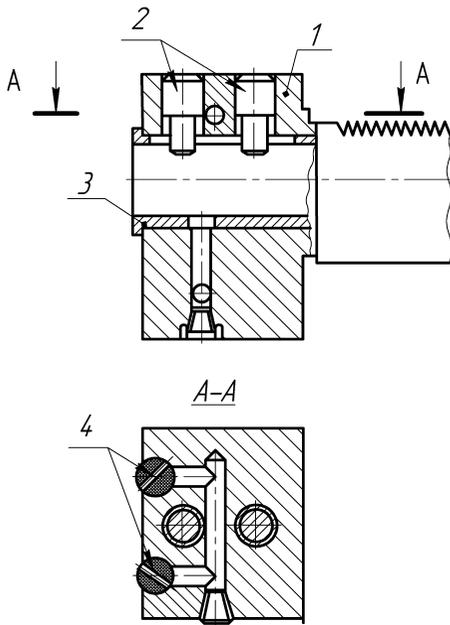


Рис. 112

Блок с центральным цилиндрическим отверстием

Блоки и головки имеют одинаковые цилиндрические хвостовики с рифлениями по ГОСТ 24900-81. Закрепление вспомогательного инструмента на станке осуществляется рифленным клином, который прижимает хвостовик к базовой поверхности посадочного отверстия и одновременно подтягивает опорную торцовую поверхность вспомогательного инструмента к торцовой поверхности головки станка. Для облегчения установки блоков и головок на конце хвостовика имеется заходная фаска, выполненная под углом  $15^\circ$  на длине 5 мм.

Для закрепления расточного инструмента и сверл разработаны блоки с центральным цилиндрическим отверстием диаметром 32 мм и переходными втулками диаметрами 32/25 и 32/20 (рис. 112). В комплект входят две сменные втулки 3. В них посредством винтов 2 закрепляется режущий инструмент. СОЖ подводится по каналам в корпусе 1 через отверстия в капроновых шарах 4.

#### 8.2.4. РЕЗЦОВЫЕ ДЕРЖАВКИ ДЛЯ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ СТАНКОВ

**Регулируемая резцовая державка.** В применяемых державках используются нестандартные резцы, имеющие регулировочный винт, установленный со стороны заднего торца. Такие резцы требуют дополнительных трудозатрат, что повышает расходы, связанные с изготовлением и эксплуатацией инструмента.

На рисунке 113 показана регулируемая державка, позволяющая устанавливать стандартные резцы без существенной их доработки. В корпусе 1 державки смонтирован механизм тонкой регулировки, состоящий из микровинта 10 с лимбом, гайки 11, нониуса 9, пружин 7 и 8 и капроновой вставки 12. Гайка 11 запрессована в точном отверстии, в котором находится также цилиндрическая направляющая часть микровинта. Пружина 7 и вставка 12 способствуют выбору люфтов в резьбовой паре.

Ось цилиндрической части и внутренний торец фланца микровинта должны быть взаимно перпендикулярны с точностью 0,006 мм, так как последний является регулируемой базой, с которой контактирует своим задним торцом резец 5. При повороте микровинта на определенный угол вправо или влево внутренний торец перемещается соответственно вперед или назад, изменяя положение резца в державке. После поворота на необходимое число делений по лимбу микровинт закрепляется винтом 13 посредством сухаря 14, а затем резец рукой досылается в торец и тоже закрепляется винтами 2. Чтобы при закреплении

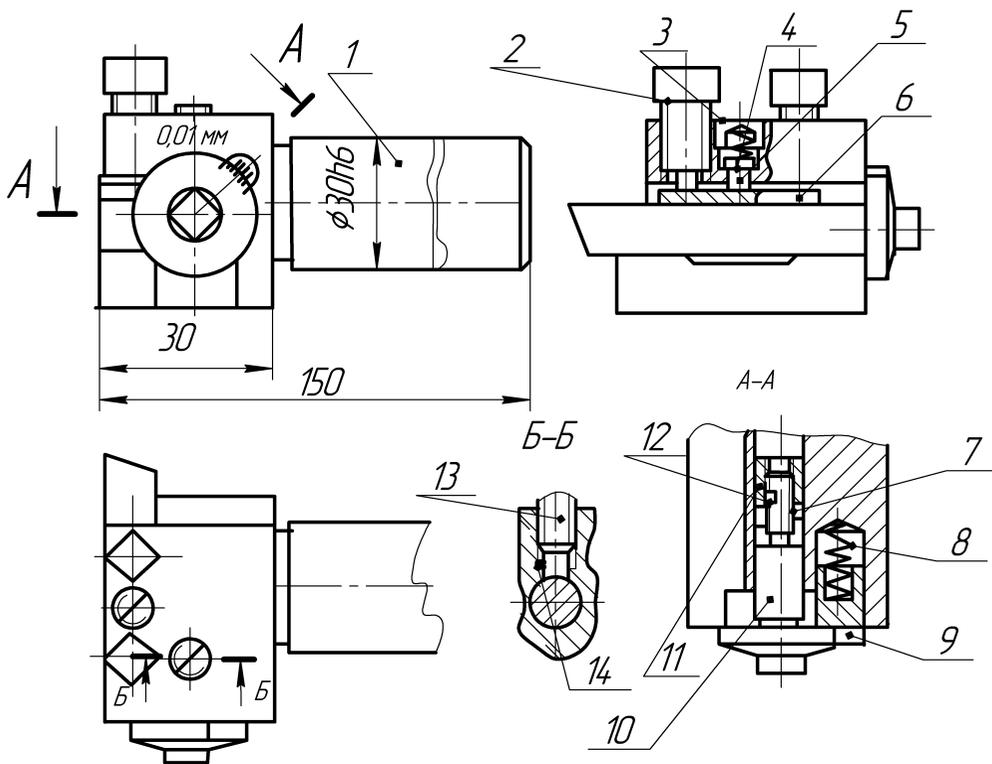


Рис. 113  
Регулируемая резцовая оправка



резец не смещался, между ним и винтами установлена каленная шлифованная планка 6. Гайкой 3 можно регулировать усилие пружины 4.

**Державка для закрепления отрезных резцов на станках с числовым программным управлением.** На станках модели 1А341Ц с системой программного управления не предусмотрен цикл быстрого поперечного подвода инструмента

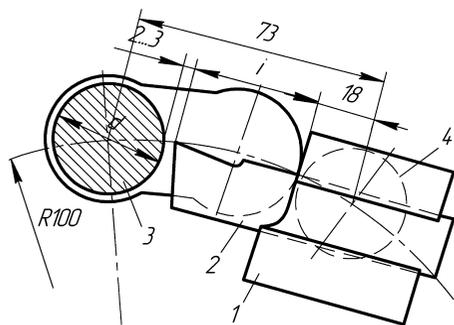


Рис. 114

Схема положения резца при поперечной подаче:

1 — державка; 2 — резец; 3 — заготовка;  
4 — хвостовик державки.

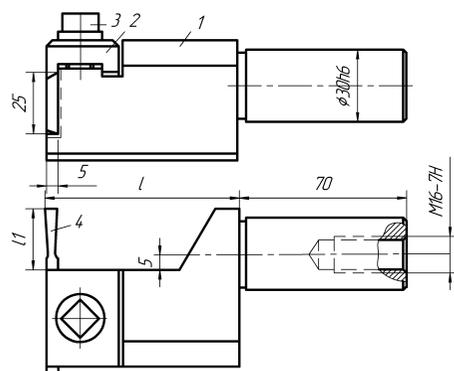


Рис. 115

Державка для закрепления  
отрезного резца

к обрабатываемой заготовке, а отрезная державка перед включением поперечной подачи может находиться не ближе положения, показанного на рисунке 114.

При этом способе крепления сохраняется низкая жесткость резца, так как режущая кромка значительно удалена от оси хвостовика державки (53–63 мм).

На рисунке 115 представлена державка, исключая недостаток существующей конструкции. Рабочая часть корпуса 1 державки выполнена с уступом так, что ее передняя грань смещена на расстояние 5 мм от оси хвостовика. Это позволяет устанавливать державку в ближайшее к обрабатываемому прутку отверстие револьверной головки.

По сравнению с поставляемой со станком державкой в данной конструкции вылет резца значительно меньше и составляет 25 мм для отрезки прутка диаметром 40 мм или 35 мм — для прутка диаметром 20 мм.

Закрепление отрезного резца 4 осуществляется с помощью качающегося прижима 2 и винта 3. Такой прижим компенсирует погрешности изготовления резца и державки и обеспечивает высокую жесткость крепления резца. Применение этой державки позволяет на 3–5% повысить производительность обработки.

Нашло применение многорезцовых державок, которое позволяет увеличить количество режущих инструментов, используемых в наладке, а следовательно, расширить технологические возможности станков и сократить основное и вспомогательное время. Однако в условиях мелкосерийного производства многорезцовые державки эффективны только в том случае, если они универсальны, просты в изготовлении и удобны в настройке.

На рисунке 116 приведена многорезцовая державка с радиальным расположением резцов для наружной обработки на револьверных станках.

Державка состоит из корпуса 1, двух переставных шпилек 2, зажимных винтов 3. Отличительная особенность в том, что в ней для установки резцов

сделан открытый прямоугольный паз, наличие которого упрощает изготовление державки и позволяет более точно выполнить опорную плоскость. В зависимости от конструкции и размеров обрабатываемой детали шпильки и винты можно менять местами, как показано ниже на рисунке 117а-г.

Таким образом, устанавливая резцы с различными углами в плане прямо или под углом, можно получить множество вариантов многолезвовой обработки различных деталей.

Многолезвовая державка с осевым расположением резцов предназначена для обработки торцов патронных деталей типа колец, фланцев и шестерен, проточки и расточки отверстий на небольшую глубину, обработки фасок на многоступенчатых деталях и т. д. Использование ее позволяет совмещать расточку отверстия и фаски в одном переходе, а также расточку двух отверстий, расточку и подрезку торца.

В процессе обработки отверстий на токарно-револьверных станках и автоматах, а также на расточных станках при выводе инструмента из отверстия на обработанной поверхности появляются риски. Причиной их появления являются возникающие при обработке упругие деформации, которые после прекращения резания возвращают систему в первоначальное положение. С целью предотвращения этого явления разработаны державки с автоматическим отводом резца (рис. 118).

В корпусе 1 державки с эксцентриситетом 1,5 мм имеется центральное отверстие, в которое своим цилиндрическим хвостовиком помещен поворотный резцедержатель 2 с механизмом автоматического отвода, состоящего из шарика 3 и пружины 4. Весь механизм закрыт втулкой 5.

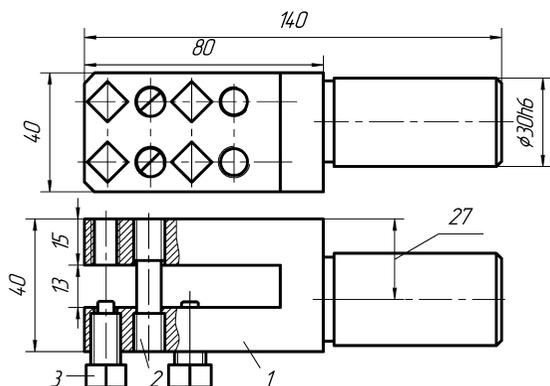


Рис. 116

Многолезвовая державка с радиальным расположением резцов

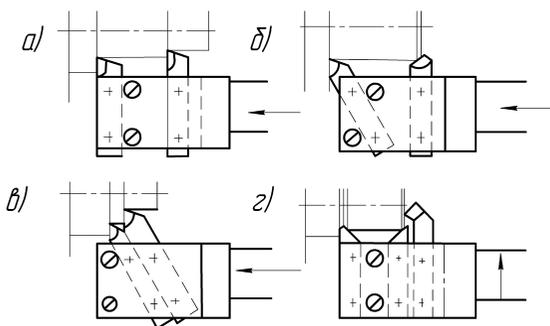


Рис. 117

Примеры использования многолезвовой державки

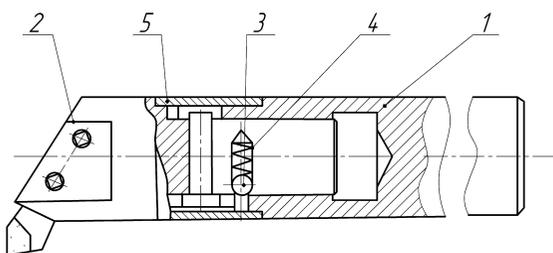


Рис. 118

Расточная державка с автоматическим отводом резца

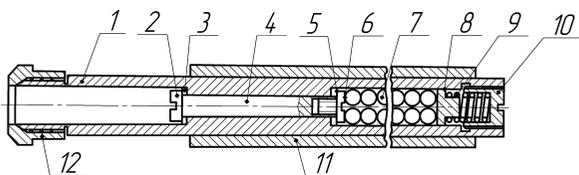


Рис. 119

Виброгасящая оправка:

- 1 — корпус виброгасящей державки; 2 — подпятник; 3 — шайба;  
 4 — изолированный толкатель; 5 — шайба; 6 — подпятник;  
 7 — подпружиненные шарики; 8 — наконечник; 9 — пружина;  
 10 — резьбовая крышка; 11 — резцедержатель; 12 — гайка.

Большое применение находят виброгасящие державки. Державка (рис. 119) выполняется с полым корпусом. Он снабжен толкателем, одним своим торцом контактирующим с торцевой частью резца, а другим — с виброгасящими элементами — шариками большего и меньшего размеров.

Такое выполнение державки обеспечивает повышение эффективности демпфирования вибраций и упрощает конструкцию.

Степень гашения вибрации регулируется силой сжатия пружины 9 в процессе настройки и зависит от режима резания, характера обрабатываемого материала и типа режущего инструмента.

### 8.2.5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ И ФРЕЗЕРНОЙ ГРУПП

Конструкция вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ определяется его основными элементами — присоединительными поверхностями для крепления на станке и закрепления режущего инструмента. Устройства, осуществляющие автоматическую смену инструмента и его закрепление на станках, определяют конструкцию хвостовика.

К вспомогательному инструменту для станков с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы предъявляются следующие основные требования: высокая точность; минимальная погрешность установки; высокая жесткость во всех направлениях приложения составляющих сил резания; виброустойчивость; быстроточность; надежность; легкая и быстрая настройка инструмента на требуемый размер вне станка; универсальность; простота конструкции и технологичность; минимальная номенклатура вспомогательного инструмента.

Для обеспечения точности, жесткости, виброустойчивости и эксплуатационной надежности крепления режущего инструмента, а также для предварительного регулирования вылета инструмента применяют конструкции сборного вспомогательного инструмента, разделенного на элементы (агрегаты), соединяемые между собой поверхностями, обеспечивающими удобное и быстрое крепление. Преимуществом сборного инструмента является: уменьшение числа отдельных типов вспомогательного инструмента; переналадка размеров инструмента, регулирование длины вспомогательного инструмента; уменьшение расхода металла; сокращение номенклатуры режущего и вспомогательного инструментов. На станках с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы соединение режущего и вспомогательного инструментов осуществляют посредством цилиндрических и конических хвостовиков.

Передачу крутящего момента трением применяют при использовании хвостовиков с конусами Морзе. Однако соединения с конусами Морзе в станках с автоматической сменой инструмента не могут получить широкого применения из-за нестабильности установки инструментов по длине и необходимости больших

сил для удаления инструмента из конусного гнезда шпинделя. Наиболее широко на многоцелевых станках с ЧПУ применяют соединения вспомогательного инструмента со шпинделем, в котором хвостовик инструмента устанавливается по конусной поверхности с конусностью 7:24, а передача крутящего момента осуществляется торцовым шпоночным соединением (рис. 120). Хвостовик применяется на станках как с автоматической, так и с ручной сменой инструмента.

На станках фрезерно-сверлильно-расточной группы применяют подсистему инструментальной оснастки, состоящей из вспомогательного и режущего инструментов, обеспечивающих выполнение всех видов обработки, производящейся на этих станках. Основой системы является максимальная унификация вспомогательного инструмента. Предусмотрена возможность широкого применения стандартных конструкций режущего инструмента, удовлетворяющего повышенным требованиям к его режущим свойствам и качеству изготовления. Основой построения системы инструментальной оснастки является выбор унифицированных присоединительных поверхностей.

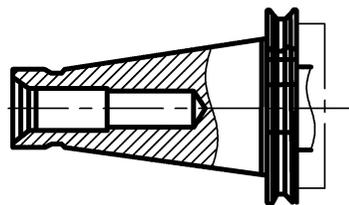
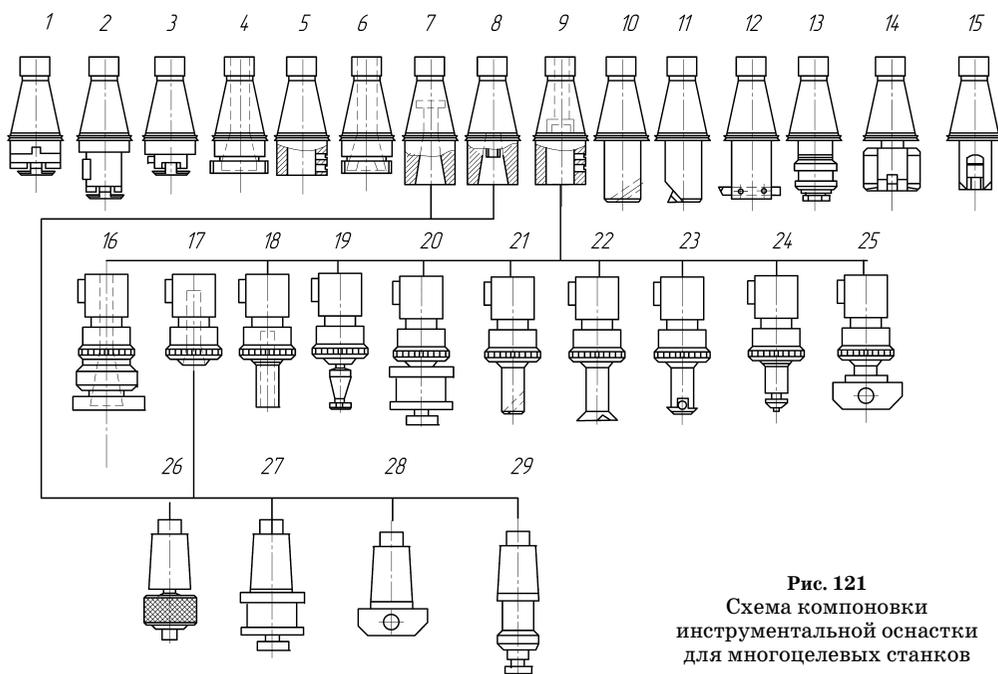


Рис. 120  
Хвостовик инструмента  
с конусностью 7:24

Система унифицированного вспомогательного инструмента предназначена для компоновки инструментальных блоков, каждый из которых предназначен для выполнения конкретного технологического перехода. Унификация инструментальной оснастки основывается на принципе взаимозаменяемости (элементы должны комплектоваться в инструментальные блоки без дополнительной пригонки), рационального разделения конструкций инструментальных блоков на агрегаты. Каждый агрегат выполняет определенную функцию и может многократно использоваться при создании различных инструментальных блоков с необходимой точностью и жесткостью соединения.

Схема компоновки инструментальной оснастки для сверлильных, расточных, многоцелевых станков показана на рисунке 121.

Оправки 1–3 для насадных фрез с поперечной и продольной шпонками с цилиндрическими посадочными отверстиями диаметром 22, 27, 32, 40 и 50 мм. Рекомендуется применять фрезы с наружным диаметром 63–200 мм. Оправки обеспечивают предварительную настройку размера от торца до наибольшего диаметра конуса хвостовика с точностью до 0,05 мм в диапазоне 6–8 мм. Патроны цанговые 4–6 для крепления концевых фрез и другого режущего инструмента с цилиндрическими хвостовиками диаметром 20–40 мм и 5–20 мм. Большая надежность крепления достигается за счет увеличения числа (до 8–12) прорезей цанги, что придает им повышенную эластичность и уменьшает потери сил на деформацию лепестков. Угол наклона конуса цанги — самотормозящий. Втулка 5 с конусностью 7:24 — переходная для концевых фрез. Втулки переходные 7, 8 служат для крепления режущего инструмента с конусами Морзе № 2, 3, 4 с лапкой и резьбовыми отверстиями (поз. 26–29). Державки 9 в сборе с регулируемыми втулками, оправками и патронами 16–25 обеспечивают простое и надежное регулирование вылета режущего инструмента типа сверл, зенкеров, разверток и метчиков. Оправки 10–11 — расточные для полустачного



**Рис. 121**  
 Схема компоновки  
 инструментальной оснастки  
 для многоцелевых станков

и чистового растачивания. Оправка 12 — для чистового растачивания, сборная. Оправка 13 — для подрезных пластин. Головка 14 — расточная двухзубая. Головка 15 — расточная универсальная. Для крепления и регулирования вылета режущего инструмента в комплекте с державками применяют следующие виды вспомогательного инструмента:

- патроны цанговые 16 обеспечивают крепление стандартного режущего инструмента с цилиндрическими хвостовиками диаметром 5–25 мм (сверла, зенкера, зенковки, фрезы и т. п.) с увеличенным вылетом. Патроны имеют цилиндрический регулируемый хвостовик диаметром 36 и 48 мм, фиксируемый в державке;
- оправки 19 — регулируемые для насадных зенкеров и разверток с присоединительной под инструмент конусностью 1:30. Цилиндрический регулируемый хвостовик имеет диаметр 36 и 48 мм;
- патроны регулируемые резьбонарезные 20 — с предохранительным устройством с диапазоном нарезания резьбы М6–М16;
- хвостовик диаметром 36 и 48 мм — регулируемый цилиндрический. Для дисковых фрез с цилиндрическим хвостовиком диаметром 36 и 48 мм применяют регулируемые оправки 20.

Крепление и регулирование вылета инструмента с конусами Морзе могут быть обеспечены переходными цилиндрическими регулируемыми втулками с внутренним конусом Морзе, которые, в свою очередь, крепятся в державках. При необходимости комплектации вспомогательным инструментом станков с ЧПУ, имеющих концы шпинделей с конусами Морзе, или для осуществления работ с увеличенным вылетом инструмента используют следующие патроны: с конусом Морзе 2, сверлильные трехкулачковые без ключа 26, с диапазоном

диаметра сверл 3–16 мм; с конусом Морзе 3 и 4 резьбонарезные, 27 с предохранительным устройством для резьбы М6–М16.

Для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента ряд зарубежных фирм разрабатывает быстродействующие патроны для уменьшения простоев оборудования за счет сокращения времени на подготовку инструмента к работе.

Быстродействующие переходные патроны на станках с ЧПУ применяются для закрепления и раскрепления режущего инструмента без смены инструментального блока в шпинделе станка, при замене изношенного инструмента или при последовательной обработке различными инструментами. В таких патронах крепятся разнообразные вспомогательные инструменты, имеющие одинаковые по конструкции хвостовики и предназначенные для крепления режущего инструмента, в то время как сами переходные патроны имеют различные хвостовики, позволяющие установить их в гнезда шпинделей различных конструкций.

### 8.2.6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДВОДА СОЖ В ЗОНУ ОБРАБОТКИ ЧЕРЕЗ ИНСТРУМЕНТ

На станках с ЧПУ, предназначенных для обработки корпусных деталей, среди операций механической обработки доля сверления составляет 40–60 %.

Производительность при сверлении может быть повышена за счет увеличения скорости или подачи. Скорость сверления определяется материалом режущей части инструмента, его износостойкостью. Величина подачи регламентируется у малых сверл осевой жесткостью, у остальных сверл — возможностью стружкоотвода.

В условиях интенсивной эксплуатации станков с ЧПУ с ограниченным вмешательством оператора повышение производительности вызывает увеличение числа поломок сверл. Применение сверл, оснащенных твердыми сплавами и выполненных с увеличенным сечением канавок, не в полной мере решает проблему надежности сверления, особенно при вертикальном расположении сверла.

Повышение надежности сверления на станках с ЧПУ возможно путем создания устройств подвода СОЖ к режущим кромкам инструмента. Основой системы являются специальные патроны, конструкция которых позволяет осуществлять их автоматическую смену, автоматическую стыковку с системой подачи СОЖ станка, хранение в инструментальном магазине и подвод СОЖ непосредственно в зону резания.

Конструкция патрона показана на рисунке 122.

Хвостовик 1 с конусностью 7:24 имеет в передней части цилиндрическое отверстие, в котором винтами 12 может закрепляться сверло с цилинд-

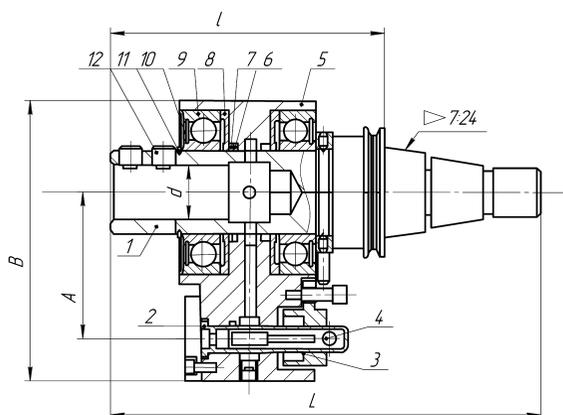
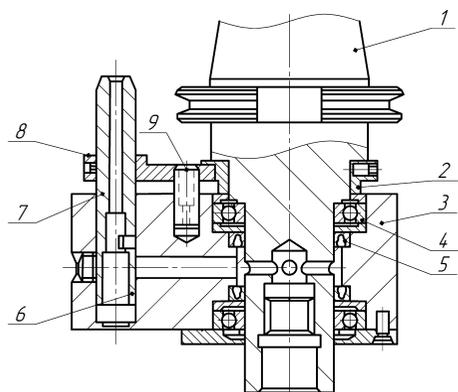


Рис. 122  
Патрон для сверл с внутренним подводом СОЖ



рическим хвостовиком. На хвостовике патрона запорным кольцом *11* закрепляется конус *5*, в котором размещены подшипники *9*, защищенные шайбами *8* и *10*, прокладки кольца *6* и *7* и упор *2* в сборе с устройством, обеспечивающим его подпружиненный ход. После закрепления хвостовика *1* в шпинделе станка упор *2* входит в позиционирующий блок станка и соединяется с каналом подвода СОЖ. Она под давлением 0,3 МПа поступает в отверстие упора *2* и открывает шариковый клапан, состоящий из пружины *3* и шарика *4*, через отверстие в упоре *2* и отверстие в корпусе *5* подводится к полости корпуса и в отверстие в хвостовике *1*, откуда поступает в хвостовик сверла и по каналам в корпусе сверла — к режущим кромкам.

Для сверл с коническим хвостовиком разрабатываются патроны с соответствующей присоединительной поверхностью. Для использования инструмента с различными конусами Морзе применяются переходные втулки.



**Рис. 123**  
Державка для подачи СОЖ  
к расточному инструменту

Патроны для подвода СОЖ применяются при растачивании в системах модульного инструмента. Расточные головки модульной конструкции выполняются с внутренними каналами для подвода СОЖ и вворачиваются в специальные державки, имеющие присоединительные поверхности (рис. 123).

Державка включает корпус *1* с хвостовиком с конусом 7:24, кожух *3*, позиционирующее кольцо *2*, уплотнение *5*, подшипники *4*, позиционирующий штифт *7*, пружину *6*, позиционирующую втулку *8* и штифт *9*. При установке патрона в шпиндель необходима его ориентация по положению шпонок. Специальный вырез в позиционирующем штифте *7*

соединяется с отверстием в кожухе *3*, и СОЖ через цилиндрическую выточку попадает в посадочное отверстие корпуса *1*, предназначенное для крепления расточных модулей.

По окончании растачивания шпиндель должен останавливаться в определенном угловом положении, с тем чтобы захват манипулятора мог войти в канавку хвостовика патрона.

Аналогичные державки разрабатываются для крепления специальных концевых фрез, имеющих внутренние каналы для прохода СОЖ.

### 8.2.7. МНОГОШПИНДЕЛЬНЫЕ УГЛОВЫЕ УСКОРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Сокращение основного и вспомогательного времени работы станка может быть достигнуто концентрацией переходов сверления и резбонарезания при применении многошпиндельных головок. Автоматически сменяемые многошпиндельные головки имеют, как правило, два, три, четыре шпинделя. Вращение этих шпинделей осуществляется с той же частотой, что и вращение шпинделей с сохранением направления вращения (рис. 124).

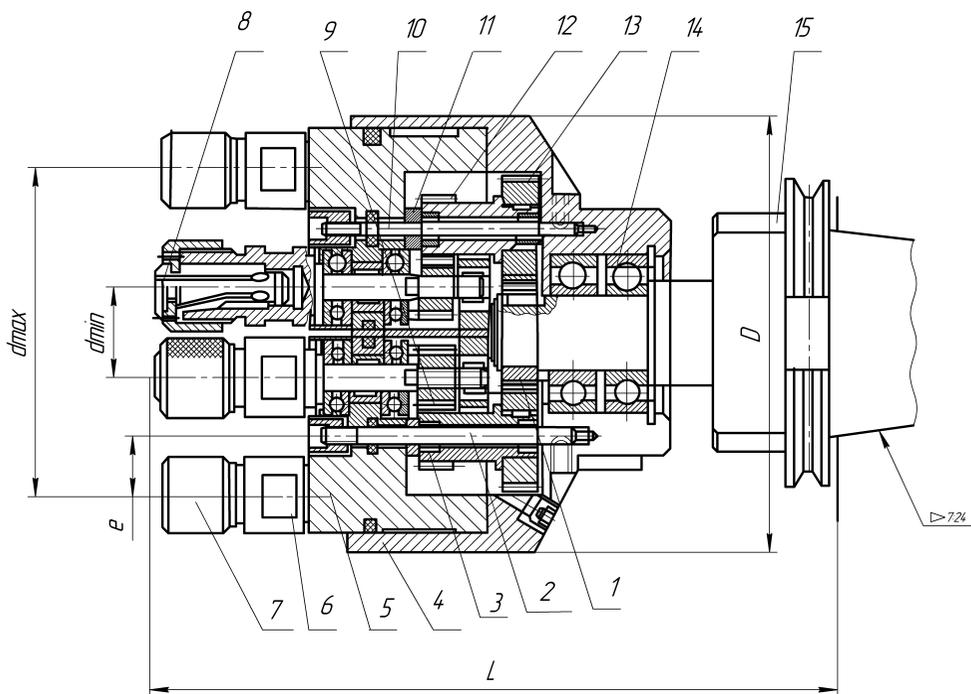


Рис. 124  
Двухшпindelная регулируемая головка

В двухшпindelной головке центральная шестерня 1, размещенная на хвостовике 15, через блоки колес 13, 12 и 3 передает крутящий момент от шпинделя станка на шестерни 9, размещенные на шпинделях 6 головки. Шпиндели 6, размещены в корпусах 5 с эксцентриситетом относительно осей 2 и 10, расположенных в корпусе 4 головки с межосевым расстоянием, равным 68 мм. При вращении корпусов 5 вокруг осей 10 расстояние между шпинделями 6 головки изменяется от  $d_{\min}$  до  $d_{\max}$ .

Регулирование осевого зазора колес 13 и 12 выполняется подгонкой компенсатора 11. Режущий инструмент с цилиндрическим хвостовиком диаметром до 13 мм закрепляется в цангах 8 с помощью гаек 7 с точностью по биению не более 0,04 мм на длине 50 мм от торца цанги.

Для сокращения времени, затрачиваемого на базирование и закрепление заготовок, применяются сменные угловые головки, в которых ось шпинделя головки расположена относительно оси шпинделя станка под углом  $\alpha$  (рис. 125).

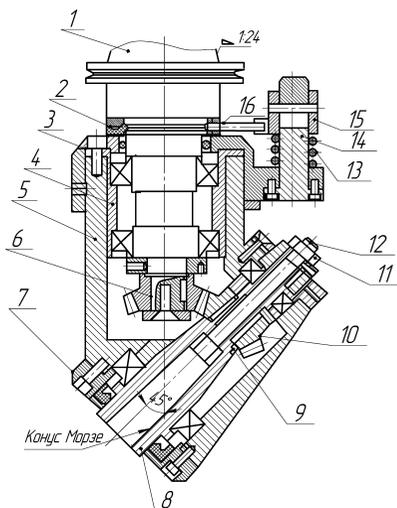


Рис. 125  
Угловая головка с  $\alpha = 45^\circ$

По окончании работы шпиндель станка останавливается в определенном угловом положении. Пружина 13 выталкивает ползун 15, и в результате корпус 5 оказывается в необходимом исходном положении.

Коническая шестерня 6 размещена на хвостовике 1, зафиксированного крышкой 2, и входит в зацепление с шестерней 10, которая закреплена с проставкой 9 на шпинделе 8. При вращении гайки 11 и с помощью осевого перемещения болта 12 инструмент закрепляется в шпинделе 8, зафиксированного в корпусе головки крышкой 7. Поворот кольца 16 с размещенным на нем упором 14 обеспечивает регулировку положения оси шпинделя 8 относительно шпоночных пазов хвостовика 1. Применение радиально-упорных подшипников, установленных в стакане 4 и закрытых крышкой 3, обеспечивает необходимую жесткость головки.

Достижение произвольного положения оси инструмента относительно оси шпинделя достигается с помощью регулируемых угловых головок (рис. 126).

Для обеспечения произвольного положения инструмента в пространстве при обработке изделий используется угловая головка, приведенная на рисунке 126а. Она выполняется с двумя разъемными частями, каждый из которых обеспечивает поворот соединяемых частей относительно друг друга на  $360^\circ$ . В результате может быть обработана любая точка в пределах полусферы.

Фланцевый разъем позволяет установить комплект сменных элементов для крепления торцовых фрез и инструмента с укороченным внутренним конусом Морзе (рис. 126б). На этот же фланец устанавливается цанговый патрон для крепления концевых фрез, сверл и другого инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром 10–32 мм (рис. 126в); можно также устанавливать многошпиндельные головки для сверления (рис. 126г).

Обработка на станках с ЧПУ конструкционных сталей и чугунов нормальной обрабатываемости концевым твердосплавным и быстрорежущим инструмен-

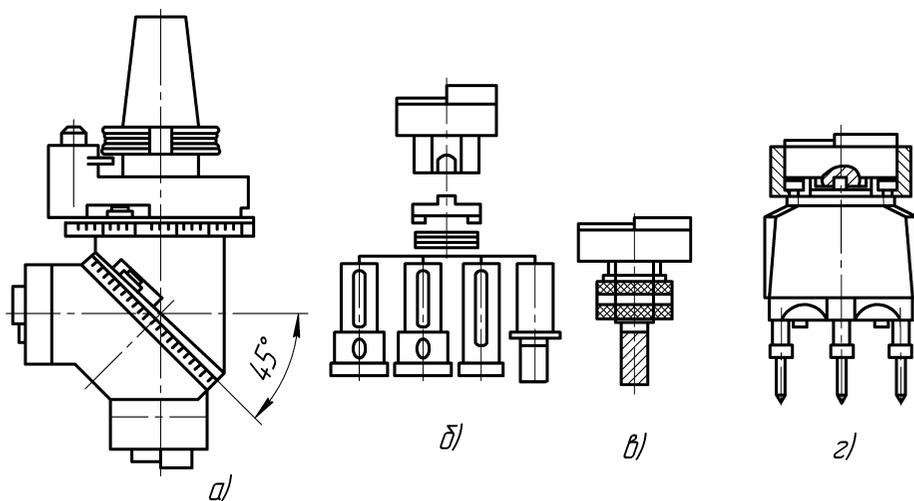


Рис. 126

Регулируемые угловые головки:

а — с насадками для закрепления насадного инструмента; б, в — для закрепления концевого инструмента; г — многошпиндельная насадка.

том диаметром до 12 мм (сверла, центровки, зенкеры, концевые и шпоночные фрезы и т. п.) со скоростями резания, имеющими оптимальные значения, обеспечивается ускорительными головками (мультипликаторами). Необходимость в таких головках предопределяется тем, что станки для обработки корпусных деталей имеют ограниченную частоту вращения шпинделя, недостаточную для достижения необходимой скорости резания.

Головки должны обеспечивать возможность автоматической смены инструмента, установки концевой инструмента диаметром до 12 мм в цанговом патроне диаметром менее 32 мм, а также максимальный вылет головки от торца шпинделя не более 150 мм без учета режущего инструмента.

### 8.2.8. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ СТАНКОВ, РАБОТАЮЩИХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВМЕШАТЕЛЬСТВОМ ОПЕРАТОРА

Работа ГПМ без вмешательства оператора требует автоматизации операций, которые традиционно выполнялись им (например: удаление стружки с инструмента и детали; регулирование направления подачи и количества СОЖ; установка и регулирование режущего инструмента для обработки торцов отверстий, расположенных внутри замкнутого пространства). Автоматизация осуществляется путем специальных конструкций вспомогательного инструмента.

Примером работы устройств без вмешательства оператора может служить необходимость автоматизации вспомогательных процессов при нарезании резьбы: удаление стружки из просверленных отверстий и подачу специального масла на метчик.

Устройство для отвода стружки приведено на рисунке 127. Оно подключается через специальный разъем 2 к индустриальному пылесосу. Сменный наконечник 6 подводится к детали, после упора в нее колено 7 перемещается относительно хвостовика 1, через трубу 5 перемещает плунжер 4 разъема 2 до момента срабатывания конечного выключателя 3 и пылесос прекращает свою работу.

Дозатор для подачи (см. рис. 128) масла пригоден для станков как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением шпинделя. Он позволяет вводить масло в отверстие или в другие зоны, которые требуют смазывания, а также в тех случаях, когда СОЖ, находящаяся в системе подачи СОЖ станка, не пригодна для этих целей.

Дозатор имеет хвостовик 1 для установки в шпиндель станка, емкость 2, перепускной клапан 3, запорную иглу 4.

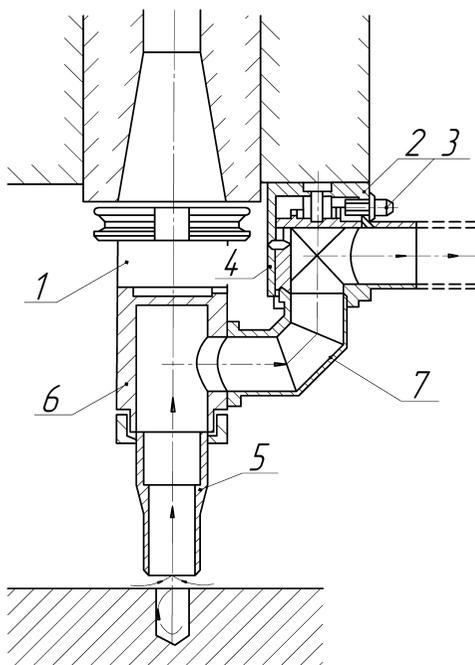


Рис. 127  
Устройство для отвода стружки

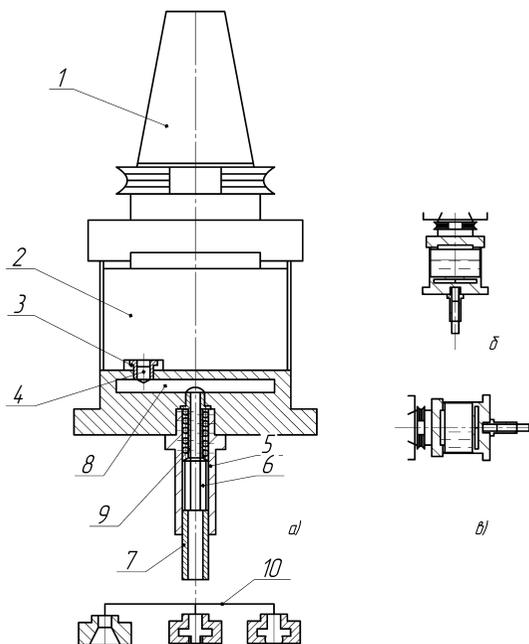


Рис. 128  
Дозатор для подачи масла:  
а, б, в — сменные форсунки.

Из камеры 8 масло поступает в наконечник 5, в котором находится плунжер 6 с пружиной 9 и шариковым клапаном 7. При наличии масла в камере 8 дозатор со скоростью 4–6 м/мин прижимается к детали до упора форсункой 10, при этом плунжер перемещается в наконечнике, создавая давление в камере 8; под этим давлением срабатывает шариковый клапан, и порция масла выбрасывается в зону предстоящей обработки. Сменные форсунки (рис. 128а–в) обеспечивают различную форму впрыска для достижения наилучшего эффекта смазки.

Обработка торцов отверстий, расположенных внутри замкнутого пространства заготовки, осуществляется автоматическими обратными зенковками (рис. 129).

Зенковка включает корпус 11, к которому прикреплен фланец 12. В корпусе закреплен сменный хвостовик 3, в котором на оси 14 закреплен поворотный резец 13. На хвостовик 3 по шпонке 4 надета сменная обойма 1. В рабочем положении режущая кромка резца 3 расположена перпендикулярно к оси зенковки и удерживается в этом положении пружиной 2. По окончании подрезки торца зенковку перемещают в направлении обрабатываемой детали, после того как гайка 5 упрется в деталь. Ползун 6 двигается во втулке 8, сжимая пружину 7, перемещает шипы 9 до их выхода из пазов фланца 12. Зубья венца 10 направляют шипы 9 во впадины фланца 12, и все подвижные части зенковки фиксируются в крайнем, ближнем к корпусу 11 положении. При этом обойма 1 поворачивает (сжимая пружину 2) резец 13 вокруг оси 14 и удерживает его в пазу хвостовика 3. В таком положении зенковка может быть извлечена из отверстия обрабатываемой детали. Для подрезки следующего торца зенковку вводят в отверстие с упором в деталь до тех пор, пока шипы 9 не перейдут из впадин в пазы фланца. Обойма переместится в крайнее, дальнее от корпуса положение, и резец под действием пружины выдвинется в окно обоймы.

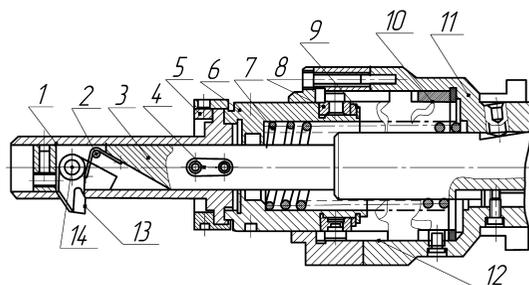


Рис. 129  
Зенковка обратная автоматическая

емой детали, после того как гайка 5 упрется в деталь. Ползун 6 двигается во втулке 8, сжимая пружину 7, перемещает шипы 9 до их выхода из пазов фланца 12. Зубья венца 10 направляют шипы 9 во впадины фланца 12, и все подвижные части зенковки фиксируются в крайнем, ближнем к корпусу 11 положении. При этом обойма 1 поворачивает (сжимая пружину 2) резец 13 вокруг оси 14 и удерживает его в пазу хвостовика 3. В таком положении зенковка может быть извлечена из отверстия обрабатываемой детали. Для подрезки следующего торца зенковку вводят в отверстие с упором в деталь до тех пор, пока шипы 9 не перейдут из впадин в пазы фланца. Обойма переместится в крайнее, дальнее от корпуса положение, и резец под действием пружины выдвинется в окно обоймы.

### 8.3. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Важнейшим требованием к вспомогательному инструменту для станков с ЧПУ является обеспечение достаточной результирующей точности и жесткости.

В связи с тем, что вспомогательный инструмент является элементом системы СПИД, существуют связи точности и жесткости вспомогательного инструмента с качеством обработки деталей.

В таблице 16 приведены допустимые биения кромок режущего инструмента и оправок расточного инструмента после их установки на станке.

Таблица 16

Допустимые биения кромок режущего инструмента и оправок расточного инструмента

Инструмент	Допустимые биения, мм
Сверла:	
с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6–18 мм	0,056
с коническим хвостовиком диаметром 18–30 мм	0,071
Зенкеры и развертки диаметром:	
до 50 мм	0,062
до 120 мм	0,081
Расточные оправки:	
для получистовой обработки отверстий диаметром 22–180 мм (биение оправки)	0,030
для чистовой обработки отверстий (биение оправки) диаметром:	
25–80 мм	0,005
80–180 мм	0,010

Упругие деформации технологической системы СПИД, возникающие в процессе обработки отверстий, также оказывают существенное влияние на точность их размеров, формы и взаимного расположения.

Допустимая податливость (мкм/Н) вспомогательного инструмента в зависимости от закрепляемого инструмента приведена в таблице 17.

Данные о предельно допустимой точности и жесткости служат критериями оценки качества конструкций вспомогательного инструмента при определении технических требований к его элементам.

Таблица 17

Допустимая податливость вспомогательного инструмента  
в зависимости от закрепляемого инструмента

Инструмент	Допустимая податливость, мкм/Н
Патроны и втулки для сверл диаметром:	
6–18 мм	0,292
18–30 мм	0,186
Расточные оправки для получистовой обработки отверстий диаметром:	
20–80 мм	0,153
80–180 мм	0,110
Расточные оправки для чистовой обработки отверстий диаметром:	
40–80 мм	0,115
80–180 мм	0,073



Биение режущей части инструмента в системе координат станка рассматривается как замыкающее звено в сложной размерной цепи, образованной отклонениями линейных и угловых размеров элементов системы СПИД. Решение уравнения этой цепи теоретико-вероятностным методом позволяет учесть законы распределения отклонений размеров вспомогательного и режущего инструментов при их изготовлении и случайный характер составляющих погрешностей, таких как смещение и перекосы осей при сборке компоновок режущего и вспомогательного инструментов.

Угловые ошибки составляющих звеньев (перекосы осей) и векторные ошибки (параллельное смещение осей) суммируются путем приведения перекосов осей к векторному виду в плоскости замыкающего звена (биения режущей части) через передаточное отношение

$$e_{\Delta} = \frac{1}{K_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2 K_i^2 e_i^2},$$

где  $e_{\Delta}$  — половина допустимой величины биения замыкающего звена;  $K_{\Delta}$  — коэффициент относительного рассеяния замыкающего звена;  $e_i$  — величина биения  $i$ -го звена;  $A_i$  — передаточное отношение;  $K_i$  — коэффициент относительного рассеяния  $i$ -го звена;  $n$  — число звеньев в цепи.

Характеристика замыкающего звена

$$K_{\Delta} = 1 + \frac{0,55}{\sum_{i=1}^n e_i} \left( \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 e_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} \right).$$

Для каждого звена необходимо установить характеристики распределения  $K_i$ ; для деталей, обрабатываемых шлифованием и контролируемых с помощью универсальных средств измерения. Зависимости точности центрирования конусов от величины погрешности их изготовления приведены в справочной литературе.

Значения перекоса  $e$  оси инструмента на вылете 100 мм для цилиндрических соединений диаметром 30–50 мм с боковым закреплением винтами в зависимости от погрешности изготовления приведены в таблице 18.

Таблица 18

(СТ СЭВ 144-75)	IT44	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
$e$ , мкм	1,0	1,6	3,2	4,3	6,0	12,0

## 8.4. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Сборочные приспособления используют при узловой и общей сборке изделий. Они являются простыми, доступными и эффективными средствами механизации ручной сборки, а также необходимыми дополнительными устройствами обычного и автоматизированного сборочного оборудования. Сборочные приспособления обеспечивают высокую производительность и удобство сборки, точную и быструю установку и закрепление сопрягаемых элементов изделия. По степени специализации их подразделяют на универсальные и специальные.



Универсальные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производстве. К ним относятся плиты, сборочные балки, призмы и угольники, струбцины, домкраты и различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые прихваты). Плиты и балки служат для установки, выверки, закрепления собираемых машин или их узлов и изготавливаются из чугуна; на их обработанной поверхности выполняются *m*-образные пазы, их устанавливают на фундамент на 50–100 мм выше пола и тщательно выверяют в горизонтальном положении по уровню.

Призмы и угольники служат для установки и закрепления узлов или базовых деталей. Их установочные поверхности обрабатывают, и на них выполняют сквозные продолговатые окна для крепежных болтов. Струбцины используют для временного скрепления деталей и узлов собираемых машин, а также для выполнения некоторых вспомогательных работ (правки, запрессовки, распрессовки). Домкраты служат для выверки и поддержки громоздких и тяжелых деталей и узлов.

Специальные сборочные приспособления применяют в крупносерийном и массовом производстве для выполнения определенных сборочных операций (рис. 130). По назначению различают два основных типа специальных приспособлений.

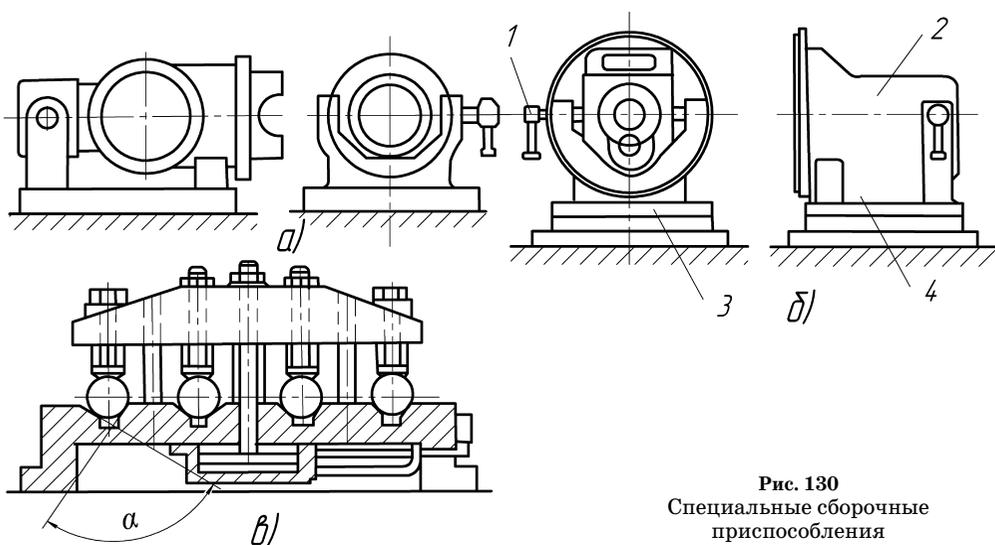


Рис. 130  
Специальные сборочные приспособления

К первому типу относятся приспособления для неподвижной установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемого изделия. Они обеспечивают необходимую устойчивость детали в процессе сборки и повышают производительность труда, так как рабочие освобождаются от необходимости удерживать объект сборки руками (рис. 130а). К приспособлениям этого типа обычно не предъявляют требования точной установки закрепляемых деталей; сила закрепления должна быть достаточной для предотвращения смещения детали от действия сил и моментов, возникающих при сборке.

Для удобства приспособления выполняют поворотными. На рисунке 130б показано приспособление с вертикальной осью поворота для сборки коробки

передач, картер 1 которой закрепляется на опорах зажимом 2. После поворота на определенный угол верхнюю часть 3 фиксируют и закрепляют зажимом 4.

Приспособления для крепления базовых деталей и узлов могут быть одно- и многоместными. Одноместные приспособления служат для закрепления одного собираемого изделия (см. рис. 130а, б). Для удобства приспособления выполняют поворотными. При использовании многоместных приспособлений производительность труда повышается в результате сокращения вспомогательного времени на установку изделий.

Работу на многоместном приспособлении ведут по принципу последовательной или параллельной концентрации технологических переходов. Последний случай имеет место при одновременной затяжке резьбовых соединений на всех закрепленных в приспособлении деталях с помощью многошпиндельного гайковерта. Многоместные приспособления должны обеспечивать равномерное и быстрое закрепление всех деталей (например, приспособление с пневматическим зажимом (рис. 130в).

Приспособления данного типа могут быть стационарными и передвижными. Стационарные приспособления устанавливают на верстаках или станочных стендах, передвижные — на тележках или плитах конвейеров. При сборке небольших и легких изделий такие приспособления часто снимают с конвейера на рядом расположенное рабочее место для выполнения заданной операции и опять ставят на конвейер. В этом случае конвейер служит для транспортирования собираемого изделия вместе с приспособлением. При автоматической сборке эти приспособления (приспособления-спутники) должны обеспечивать точную установку базовых деталей. В них должно быть предусмотрено устройство для съема готового изделия в конце сборки.

Ко второму типу специальных сборочных приспособлений можно отнести приспособления для точной и быстрой установки соединяемых деталей или частей изделия. При использовании приспособлений этого типа сборщики освобождаются от выверки взаимного положения сопрягаемых элементов, так как оно обеспечивается автоматически доведением до соприкосновения с опорами и направляющими элементами приспособления. Такие приспособления применяют для сварки, пайки, клепки, склеивания, развальцовки, посадки с натягом резьбовых и других сборочных соединений. Они обеспечивают значительное повышение производительности и необходимы при автоматизации сборочного процесса.

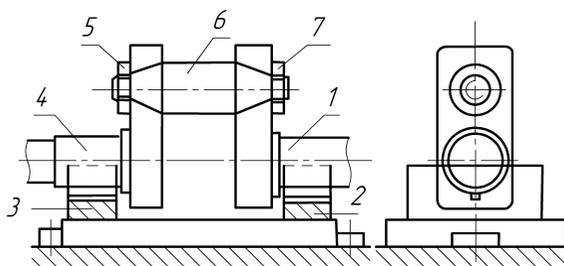


Рис. 131  
Приспособление для сборки  
составного коленчатого вала

На рисунке 131 показано приспособление для сборки составного коленчатого вала, обеспечивающее соосность его коренных шеек 1 и 4. Их установка и закрепление в центрирующих призмах 2 и 3 производится перед затяжкой гаек 5 и 7 мотылевой шейки 6.

На рисунке 132 представлена схема приспособления для сборки зубчатой передачи прибора.

В отверстия закрепленной в приспособлении нижней пластинки 1 вводят поддерживаемые пружинными вилками ползунов 2 валки 3 собираемой передачи. После наложения и закрепления верхней пластинки 4 на распорках 5 ползуны отводят назад в направлениях, указанных стрелками.

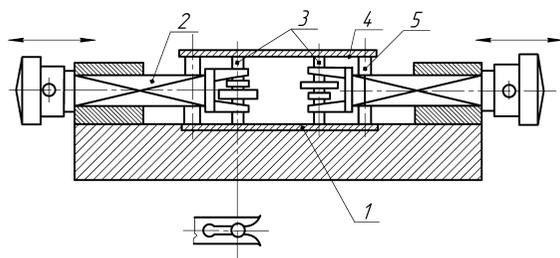


Рис. 132

Приспособление для сборки зубчатого механизма

Приспособления этого типа могут быть одно- и многоступенчатыми, стационарными и подвижными. Подвижные приспособления применяют при большой программе выпуска мелких и средних изделий в условиях конвейерной сборки методом пайки или склеивания.

Также в машиностроении используют приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор, разрезных колец и т. д.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил. Приведение их в действие осуществляется вручную при использовании усилителей (рычажных, винтовых, комбинированных) или от силовых узлов (пнеumo-, гидро- и электроприводов).

## 8.5. ЭЛЕМЕНТЫ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Одним из важнейших этапов автоматической сборки является ориентирование деталей с требуемой точностью относительного положения поверхностей сопрягаемых деталей на базирующих сборочных устройствах. При этом детали должны располагаться так, чтобы можно было легко осуществить их сопряжение при установленных допусках на размеры и относительные повороты сопрягаемых поверхностей. Этот этап является самым ответственным, и от него зависят работоспособность сборочного оборудования и качество сборки. В качестве установочных элементов базирующих устройств используются плиты, призмы, опоры, центры, цилиндрические или конические пальцы и оправки, угольники и др. Базовая деталь надежно закрепляется в базирующем устройстве с помощью контактных элементов. В ряде случаев базовая деталь может свободно устанавливаться в базирующее устройство, что позволяет упростить конструкцию базирующего устройства за счет исключения зажимных элементов и привода к ним. Расчет сил закрепления базовой детали следует вести с учетом наибольших значений моментов. Наиболее эффективными в гибких производственных системах сборки являются программируемые универсально-перенастраиваемые и специализированные перенастраиваемые ориентирующие устройства с направляющими. Такие сборочные приспособления состоят из корпуса и смонтированных на его основе установочных элементов и зажимных устройств. Назначение установочных элементов — обеспечивать требуемое положение деталей и частей изделия без выверки. В качестве установочных элементов применяют стандартные или специальные детали в зависимости от вида используемых установочных баз. Так как в качестве последних служат окончательно обработанные поверхности деталей собираемого изделия, установочные

элементы приспособления должны иметь достаточные опорные поверхности (постоянные опоры с плоской головкой по ГОСТ 13440-68, опорные пластины по ГОСТ 4743-68, широкие призмы, пальцы и другие элементы). В приспособлениях для закрепления базовых деталей установочные элементы часто облицовывают твердой резиной или пластмассами, чтобы предупредить порчу поверхностей этих деталей. Контактными устройствами фиксируют полученное при установке положение собираемых деталей и обеспечивают их устойчивость в процессе выполнения сборочных операций. Контактные устройства предупреждают смещение собираемого изделия под влиянием сил, возникающих при выполнении соединений. Вместе с тем они не должны деформировать детали изделия или портить их поверхности. Это обеспечивается использованием мягких вставок в контактные элементы.

В сборочных приспособлениях применяют те же зажимные механизмы, что и в станочных приспособлениях. Если рабочая зона приспособления ограничена необходимостью подачи сопрягаемых деталей по сложным траекториям, зажимное устройство должно быть по возможности малогабаритным и расположено так, чтобы не затруднять сборку. Этому требованию удовлетворяют низко расположенные прихваты и *z*-образные прихваты. Для сокращения вспомогательного времени привод зажимных устройств осуществляют от силовых узлов — пневмо- или гидроцилиндров. При использовании гидроцилиндров получается более компактная конструкция сборочного приспособления.

Непосредственное закрепление базовых деталей собираемого узла на магнитной (электромагнитной) плите недопустимо из-за возможности намагничивания. Для небольших сил закрепления весьма удобны и быстродейственны вакуумные зажимные устройства, а для больших сил — пружинные. Последние часто применяют в приспособлениях для пайки и склеивания деталей. Они не препятствуют тепловому расширению деталей при нагреве и их сжатию при охлаждении. В качестве материала пружин используют сплавы на основе  $\text{Co-Ni-Cr-W-Mo}$ , выдерживающие высокую температуру нагрева (до 400 °С) без заметного снижения механических свойств.

Пружинные зажимы применяют на стационарных приспособлениях и на приспособлениях-спутниках.

Для определения сил закрепления необходимо знать условия выполнения сборочных процессов. Так, при склеивании (клеем БФ-2) необходимо прижатие соединяемых деталей давлением 15–20 МПа. При пайке силу прижатия устанавливают из условия прочной фиксации собираемых деталей. При выполнении резьбовых соединений базовая деталь изделия воспринимает реактивный момент от затяжки этих соединений, поэтому их необходимо прочно удерживать от проворачивания. Если используется многшпindelное винтозавертывающее устройство, реактивный момент воспринимается деталью и корпусом устройства. Зная внешнюю силу или момент, схему установки и закрепления собираемого изделия, а также реакции опор, можно найти необходимую силу закрепления.

Расчет сил закрепления сводится к задаче статики на равновесие изделия под действием приложенных к нему внешних сил. Найденная сила закрепления должна быть меньше или равна предварительно определенной из условий допустимой деформации базовой детали изделия. В связи с этим выбор мест



приложения сил закрепления имеет большое значение. Силы закрепления необходимо передавать через закрепляемые детали на жесткие опоры приспособлений, избегая деформаций изгиба и скручивания. При расчете сил закрепления учитывают наибольшие значения сдвигающих сил и моментов, а также коэффициент запаса  $K = 1,5 - 2,5$  (в зависимости от схемы установки и закрепления). При установке базовой детали на достаточно большие участки обработанной поверхности коэффициент трения берут  $0,16$ .

К вспомогательным устройствам сборочных приспособлений относятся поворотные и делительные механизмы, фиксаторы, выталкиватели и другие элементы. Их функциональное назначение и конструктивное оформление такие же, как и у станочных приспособлений. При конструировании поворотных приспособлений с горизонтальной осью вращения центр тяжести изделия по мере присоединения к нему деталей может изменять свое положение. Положение оси следует выбирать так, чтобы момент поворота был наименьшим, а сумма работ на вращение поворотной части приспособления по всем переходам сборки была минимальной.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Обеспечение точности геометрической настройки инструмента и своевременная его замена в условиях автоматизированного производства являются важнейшими факторами, обеспечивающими точность геометрических параметров детали и надежность работы механизмов станка, оборудования. Совокупность этих факторов наряду с другими обеспечивает качество работы машин после сборки и, следовательно, их конкурентоспособность.

В настоящее время нормативными документами в области метрологии являются:

- Федеральный закон РФ от 24 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [94];
- система ГСОЕИ (Государственная система обеспечения единства измерений), представляющая собой совокупность национальных стандартов 8-й группы;
- совокупность правил (ПР) системы ГСОЕИ и рекомендаций (Р) системы ГСОЕИ.

Кроме вышеперечисленных документов существует большое количество нормативных документов в области измерений, разработанных метрологическими службами федеральных органов исполнительной власти (министерствами) и юридическими лицами (организациями). Например, локальные поверочные схемы и т. д. Все они имеют государственную регистрацию и внесены в единый реестр.

Согласно ФЗ «Об обеспечении единства измерений» обязательные требования к средствам измерений (СИ) устанавливаются в тех случаях, если последние применяются при осуществлении деятельности:

- в области здравоохранения;
- в области охраны окружающей среды и т. д.

Средства измерений, указанные в статье 3,4-7 ФЗ «Об обеспечении единства измерений», подлежат поверке.



В данном ФЗ указано также, что СИ, не вошедшие в статьи 3,4–7, могут быть проверены на добровольной основе.

Основные определения ФЗ «Об обеспечении единства измерений»:

- измерение — совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины;
- калибровка СИ — совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений;
- средство измерений — техническое устройство, предназначенное для измерений;
- технические системы и устройства с измерительными функциями — технические системы и устройства, которые наряду с их основными функциями выполняют измерительные функции.

В метрологической практике наряду с понятием «измерение» часто используется понятие «контроль по альтернативному признаку» (ГОСТ 15895-72).

Контроль по альтернативному признаку — это контроль по качественному признаку, в ходе которого каждую проверенную единицу продукции относят к категории годных или бракованных. При альтернативной проверке годности деталей не ставится задача определения действительных значений проверяемых параметров, а лишь устанавливается факт нахождения действительных параметров в пределах допустимых значений.

Альтернативный контроль геометрических величин может осуществляться одноэлементными (гладкие калибр-пробка, калибр-скоба), многоэлементными (штицевой калибр) средствами, специальными измерительными приспособлениями (нормальный калибр для контроля точности расположения осей отверстий корпусных деталей), установками и системами.

Контроль методом измерений предполагает нахождение действительного значения параметра и сопоставление этого параметра с предельными, которые заданы чертежом детали или хранятся в электронном устройстве. Поэтому в дальнейшем будем различать понятия «средство измерения» и «средства контроля».

Важным параметром при настройке инструментов и измерении (контроле) деталей является понятие «точность измерений». Согласно классической теории метрологии точность измерений характеризуется количественно погрешностью измерений

$$\Delta_{\text{изм}} = |X_{\text{д}} - X_{\text{ист}}|,$$

где  $X_{\text{д}}$ ,  $X_{\text{ист}}$  — действительное и истинное значения параметра.

Истинное значение — это как бы идеальное значение, которое невозможно определить, но оно существует и постоянно. Методами математической статистики можно определить доверительный интервал расположения истинного значения с определенной вероятностью.

Применительно к точности настройки инструмента для выполнения обработки детали справедливо аналогичное выражение.

## 9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

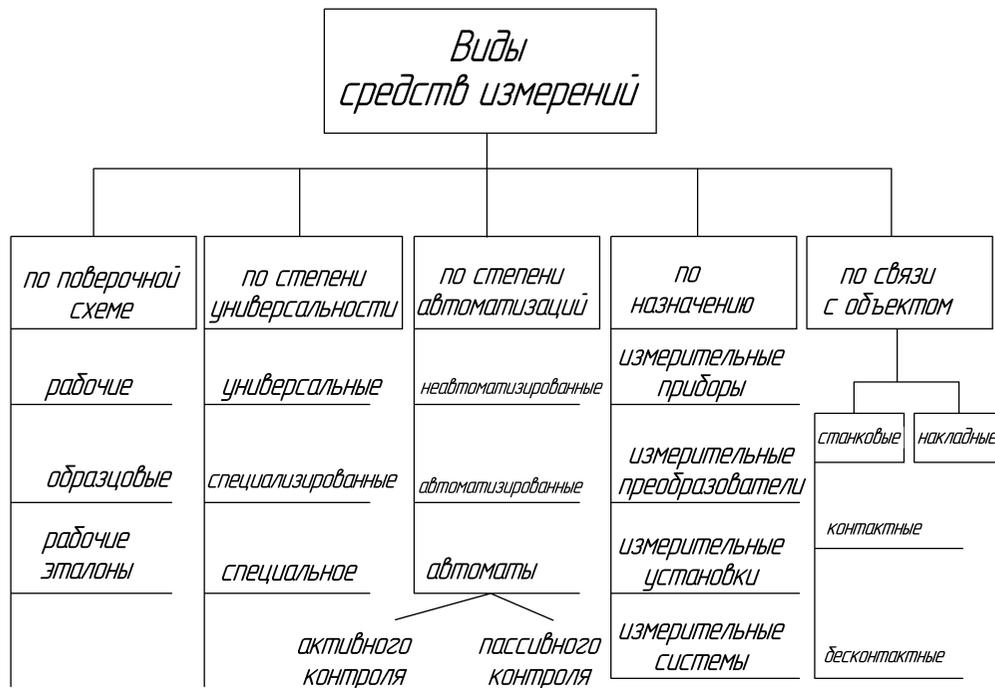
В зависимости от метрологического назначения все средства измерений подразделяются на эталоны и рабочие средства измерений (СИ) (рис. 133).

Эталоном единицы величины является СИ, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины. В целях проведения различных метрологических работ создаются вторичные эталоны: эталоны-копии, эталоны сравнения, рабочие эталоны. Последние из перечисленных являются наиболее распространенными.

Рабочие средства измерений предназначены для выполнения измерений изделий в процессе изготовления, при окончательном контроле, приемке, а также при лабораторных, научных исследованиях.

Меры, предназначенные для воспроизведения физической величины определенного значения, называются однозначные меры, для диапазона значений — многозначные меры. Однозначными мерами являются концевые плоскопараллельные меры длины, с помощью которых, используя их свойство притираемости, можно воспроизводить линейные размеры с высокой точностью и в широком диапазоне. К однозначным мерам можно отнести образцы твердости, шероховатости и стандартные образцы состава и свойств веществ.

Измерительные преобразователи — устройства, преобразующие измерительную информацию в форму, удобную для передачи, хранения и обработки.



**Рис. 133**  
Классификация средств измерения по различным признакам

Измерительные приборы позволяют получать измерительную информацию в форме, удобной для восприятия оператором, выполняющим измерение. Отсчет измеряемой величины производится по шкале прибора (аналоговые СИ) или в цифровом виде (цифровые СИ).

Измерительные установки предназначены для измерения одновременно нескольких параметров изделия.

Измерительные системы — это средства измерений и устройства, в которых измерительная информация обрабатывается и представляется в удобном виде для наблюдения и управления.

**Универсальные средства измерений** позволяют получить численное значение размера различных поверхностей деталей методом непосредственной оценки по шкале, с помощью меры или посредством преобразователей. Универсальные измерительные средства используют непосредственно либо в сочетании со стойками, штативами, столиками и другими дополнительными приспособлениями. Если конструкция измерительного устройства имеет приспособление для установки детали или измерительной головки при измерении, то его называют станковым: например, головки измерительные пружинные, установленные в штативы или стойки, а объект измерения помещается на оправке. Если прибор при измерении устанавливается по детали, то его называют накладным, например, штангенциркуль.

Специальные приспособления в противоположность универсальным предназначены для контроля нескольких параметров детали определенного типа в условиях крупносерийного и массового производства. Для контроля аналогичных деталей специальные приспособления в определенной степени могут переналаживаться.

**Механизированные средства** измерений обычно оснащают несколькими универсальными измерительными головками, преобразователями для контроля нескольких параметров. Загрузка контролируемой детали и отсчет показаний производятся оператором.

В полуавтоматических СИ операции загрузки и снятия детали производятся вручную, а все остальные операции — автоматически.

В автоматических системах весь цикл работы автоматизирован. В автоматах активного контроля происходит воздействие на технологический процесс обработки детали на станке. Автоматы пассивного контроля осуществляют лишь рассортировку деталей на группы качества — годные, дефектные — или обеспечивают защитную, блокировочную функцию.

По способу преобразования измерительного импульса автоматические средства контроля размеров могут быть механическими, пневматическими, электрическими, световыми и др.

## 9.2. ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ

Первичные измерительные преобразователи служат для преобразования изменения линейной величины в выходной сигнал информации. Преобразователи классифицируют по различным признакам. Например, по характеру выходного сигнала — с непрерывными характеристиками и дискретными и др.

В зависимости от пределов измерений различают преобразователи малых перемещений (до 1 мм) и преобразователи больших перемещений (более 1 мм).

По способу преобразования измерительного импульса различают механические, электроконтактные, пневмоэлектроконтактные, индуктивные, фотоэлектрические, емкостные и другие типы преобразователей.

В промышленности наибольшее распространение получили электроконтактные и индуктивные преобразователи.

Электроконтактные преобразователи имеют дискретный принцип действия. При достижении определенного значения контролируемой величины они размыкают или замыкают контакты электрических цепей, управляющих исполнительными органами системы.

Существуют два вида преобразователей: предельные — для контроля предельных размеров деталей и амплитудные — для контроля величины отклонений формы, биения и других параметров (табл. 19).

Таблица 19

Техническая характеристика	Параметры
Цена деления	0,002 мм
Диапазон измерения	до 1 мм
Нестабильность срабатывания контактов	0,001мм
Смещение настройки после 25 000 измерений	не более $\pm 0,001$ мм
Измерительное усилие	100–300 сН
Габаритные размеры	66×21×131 мм
Масса	420 г

В зависимости от числа пар контактов электропреобразователи бывают одно-, двух- и многопредельные. По конструкции их делят на рычажные и безрычажные. На рисунке 134 приведены внешний вид и конструкция электроконтактного двухпредельного преобразователя типа 233 завода «Калибр».

Корпус преобразователя состоит из металлической скобы 1 и замыкающей стенки 13, выполненной из изоляционного материала. Боковыми стенками корпуса являются съемные прозрачные крышки из оргстекла, позволяющие наблюдать работу преобразователя. На стенке 13 закреплены преобразующий механизм и механизм и настроечные винты 16 с электроконтактами на концах. Установка их на стенках 13 упрощает сборку, регулировку и ремонт преобразователей.

Измерительный стержень 2 перемещается во

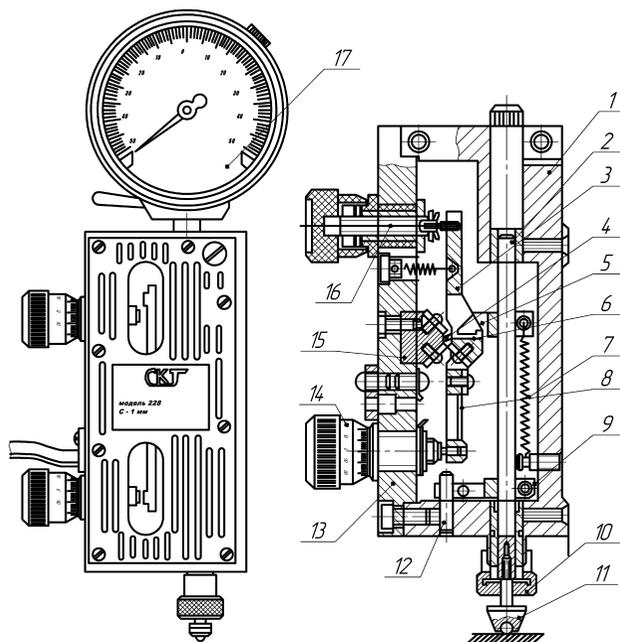


Рис. 134

Электроконтактный двухпредельный преобразователь

втулках, установленных в корпусе. На конце измерительного стержня закрепляют съемный измерительный наконечник 11. Сверху в корпусе предусмотрено отверстие с зажимом для установки отсчетной головки 17, которую используют при настройке и для контроля работы преобразователя. Гайка микроподачи 10 служит для перемещения измерительного стержня при настройке преобразователя с использованием отсчетной головки. Пружина 7 предназначена для создания необходимого измерительного усилия. Концы ее закреплены на двух винтах, один из которых — в корпусе, другой — на хомутике 5, установленном на измерительном стержне. Для предотвращения поворота измерительного стержня служит закрепленный на нем хомут 9. На выступающей части последнего есть паз, в который проходит направляющий штифт 12, запрессованный в отверстие корпуса. Рычаг 3 механизма преобразователя с электроконтактами на концах присоединен к стенке 13 корпуса посредством крестообразного пружинного шарнира 4 и колодки 15. В рычаг 3 запрессован корундовый штифт 6, который прижат снизу пружинами шарнира к контактной плоскости хомутика 5. В этом случае возможные, передающиеся на измерительный стержень и смещающие его вверх, не будут передаваться на механизм преобразования. Для уменьшения износа конец хомутика 5 выполнен из твердого сплава.

Нижний электрический контакт присоединен к рычагу на плоской пружине 8. Такое устройство допускает после замыкания этого контакта дальнейшее смещение измерительного стержня вниз и возможность снятия отклонений, превышающих предельные значения.

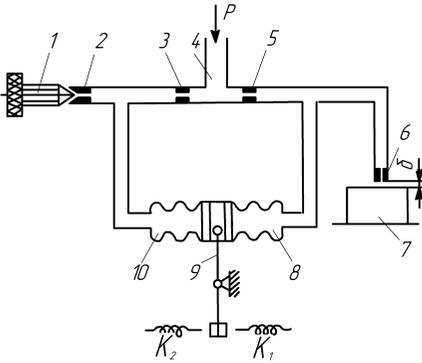
Верхний электрический контакт непосредственно закреплен в верхнем конце рычага, так как его соприкосновение с неподвижным контактом не препятствует перемещению измерительного стержня вверх. Неподвижные электрические контакты запрессованы в торцы настроечных винтов 16, снабженных отсчетными барабанчиками 14. Контакты имеют выводы к штырям, на которые надевается розетка. Рассмотренная конструкция электроконтактного преобразователя используется в автоматизированных системах крупносерийного и массового производства для контроля размера изготовленных деталей.

Для измерения отклонения формы деталей используется аналогичное устройство, но с амплитудным преобразователем. Измерительный наконечник при вращении детали перемещается по фрикционному соединению, что позволяет определить величину отклонения формы детали.

В устройствах активного контроля электроконтактные преобразователи практически не применяются, так как из-за негерметичности и попадания влаги на контакты происходит ложное срабатывание. Область их применения — контрольно-сортировочные автоматы, многомерные светосигнальные приспособления.

### 9.2.1. ПНЕВМОЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Пневмоэлектроконтактными преобразователями называют устройства, в которых изменение давления воздуха, вызванное изменением размеров контролируемых деталей, приводит к замыканию или размыканию электрических контактов. Преобразователи подразделяются на следующие типы: мембранные одно- и двухконтактные; сильфонные двухконтактные с плавающим контактом; многоконтактные. Для уменьшения влияния нестабильности подводимо-



**Рис. 135**  
Схема дифференциального пневмоэлектроконтактного сильфонного преобразователя

го воздуха используют дифференциальный принцип измерения, схема которого представлена на рисунке 135.

Воздух под давлением  $P$  попадает в камеру 4 и движется из нее по двум направлениям через дросселирующие сопла 3 и 5. Воздух, прошедший сопло 3, заполняет камеру сильфона 10 и выходит в атмосферу через регулируемый зазор между соплом 2 и винтом 1. Воздух, прошедший сопло 5, заполняет камеру 8 и выходит в атмосферу через измерительное сопло 6, расположенное над контролируемой поверхностью детали 7 с зазором  $\delta$ . Давление в камере 8 сильфона зависит от зазора  $\delta$ , определяющего размер детали. При уменьшении зазо-

ра давление в камере 8 будет увеличиваться, и после того как превысит давление в камере 10, сильфон сместится влево, повернет рычаг 9 и замкнет контакт  $K_1$ . Колебание давления подводимого воздуха из-за внешних факторов не будет влиять на результат измерения.

Рабочее давление в пневмоэлектроконтактных преобразователях находится в пределах от  $0,5 \cdot 10^5$  до  $2 \cdot 10^5$  Па, рабочий ход сильфона  $\pm 1,4$  мм, цена деления шкалы  $0,002-0,0002$  мм.

Применение плавающих контактов в сильфонных преобразователях позволяет определить отклонение формы цилиндрических поверхностей деталей.

### 9.2.2. ИНДУКТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Индуктивный метод позволяет измерять непрерывно изменяющиеся величины. Это необходимо в автоматах активного контроля, при измерении шероховатости поверхности, контроле параметров зубчатых колес в процессе обработки и в других метрологических процессах.

Для питания преобразователей применяется переменный ток частотой от 50 герц. Принцип действия преобразователей заключается в непрерывном измерении его индуктивности в зависимости от изменения контролируемого параметра, значение которого затем указывается в определенных линейных единицах. При измерении параметра детали измерительный шток смещается относительно катушек преобразователя, в результате чего меняется индуктивное сопротивление магнитной цепи преобразователя (рис. 136). Для включения датчиков чаще всего используется неуравновешенная схема моста Уолша, или схема самобалансирующегося моста.

Индуктивные преобразователи являются безрычажными, и их чувствительность определяется выбранной электрической схемой, а также частотой питающего тока.

Основными узлами индуктивного преобразователя (рис. 136а) являются корпус 1, индуктивные катушки 2, измерительный стержень 3 с закрепленным на нем одним или двумя якорями 4.



Особенностью преобразователя, представленного на рисунке 136б, является то, что катушки 2 укреплены не на корпусе 1, а на измерительном штоке 3, причем якорем служит прилив 4 внутри корпуса, относительно которого катушки смещаются при перемещении штока. Корпус датчика помимо своего основного назначения служит защитой от влияния внешних электромагнитных помех. Измерительный шток подвешен к корпусу на мембранах.

Технические характеристики преобразователей типов 221, 223 завода «Калибр» приведены в таблице 20.

Таблица 20

Измерительное усилие	0,3–1 Н
Диапазон измерений	0,2–0,5 мм
Свободный ход штока	1,5–2 мм
Погрешность	$\pm(0,5-2)$ мкм

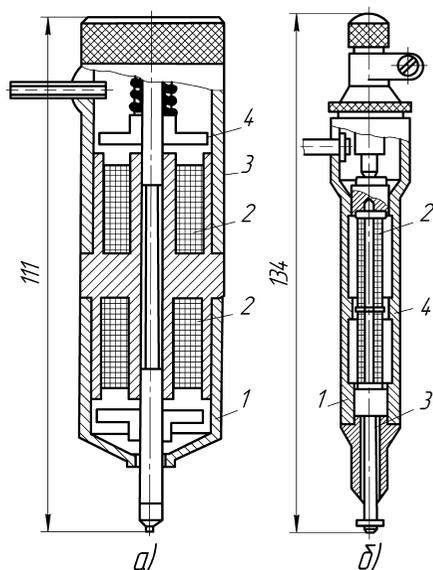


Рис. 136  
Конструкции индуктивных преобразователей

### 9.2.3. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Фотоэлектрические преобразователи находят широкое применение в измерительных устройствах с цифровым отсчетом. На рисунке 137 приведена схема фотоэлектрического преобразователя с перекрытием светового потока.

При измерении размера детали 7 смещаются измерительный шток 8 и закрепленная на его конце заслонка, что приводит к изменению величины светового потока, идущего от осветителя 1 через диафрагму 2 и объектив 3 к фотоэлементу 4. Соответствующий величине световой поток усиливается усилителем 5 и измеряется показывающим прибором 6, градуированным в линейных единицах.

Технические характеристики фотоэлектрического преобразователя типа ПФС05 приведены в таблице 21.

В промышленности находят также применение следующие типы преобразователей: емкостные, гальванометрические, радиоизотопные, пьезоэлектрические. У последних перемещение из-

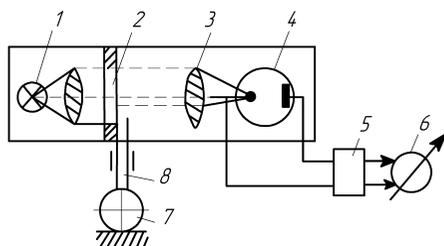


Рис. 137  
Схема фотоэлектрического преобразователя с перекрытием светового потока

Таблица 21

Диапазон показаний	до 0,025 мм
Интервал сортировки	0,025 мкм
Число групп сортировки	10
Допускаемая погрешность от интервала сортировки	не более 1/3

мерительного стержня приводит к возникновению электрических зарядов на противоположных поверхностях кристалла и др. В некоторых случаях используют в преобразователе несколько принципов действия.

### 9.3. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ И КОНТРОЛЕ

Точность измерений и контроля определяется не только пределом допустимой погрешности средства измерения, но и в значительной степени погрешностью установки. Погрешность установки возникает в случае, если ось измерительного наконечника средства измерения не совпадает с нормалью (перпендикуляром) к поверхностям объекта измерения. Установка детали складывается из базирования и закрепления. Поскольку при закреплении деталей в процессе контроля действующие силы невелики, погрешность закрепления не учитывается и основную долю неточности при измерении вносит погрешность базирования.

Способы базирования объекта измерения показаны на рисунке 138.

Базирование по плоскости используют при контроле размеров как подвижных так и неподвижных (в процессе контроля) деталей. В случае контроля (рис. 138а) стремятся, чтобы диаметр  $d_0$  опоры был несколько меньше диаметра  $d_d$  детали, иначе детали вследствие возможной неплоскостности базовой поверхности будут занимать при установке различные положения и базирование станет неопределенным. Чтобы избежать этого недостатка, базирующий элемент выполняют ребристым (рис. 138б). При небольших изделиях — плоскости (рис. 138в).

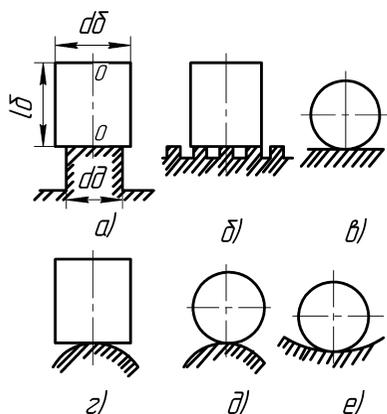


Рис. 138

Схемы базирования при контроле

При контроле детали во время ее движения очень важно, чтобы съём измерительного сигнала проводился при указанном расположении контролируемого размера (например, размера по оси  $00$ ) и в возможно меньшие промежутки времени. В противном случае возникают погрешности базирования, вызванные

неточностью относительного расположения базовых и измерительных поверхностей (например, непараллельностью) и отклонениями формы.

При контроле размеров и в особенности погрешностей формы (огранок) часто применяют базирование в призмах или на роликах. На рисунке 138г–е показаны схемы базирования деталей на цилиндрической поверхности приспособления.

### 9.4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Измерительный узел является важнейшим элементом автоматической системы, определяющей качество ее работы. Он должен обеспечивать высокую точность измерения, стабильность работы в течение продолжительного времени и быстродействие. Точность измерения определяется выбранным методом

измерения, базирующими элементами, передаточными механизмами, датчиками и механической или электрической схемой выбранного метода преобразования измерительного импульса. Стабильность работы — это качество конструкции и нечувствительность измерительной системы к влиянию случайных факторов, т. е. к колебанию температуры, усилий, параметров электрической схемы, износу трущихся и соприкасающихся поверхностей, засорениям и т. п. Увеличение быстродействия системы не должно снижать точность контроля.

В современных автоматизированных станочных системах подача детали на измерительную позицию, расположенную вне станка, производится автооператорами или роботами (рис. 139, 140).

После обработки деталь захватами автооператора (автооператор расположен в правой части рисунка) перемещается из шпинделя станка на измерительную позицию. Конструкция детали в нижней торцевой части имеет центровочное отверстие со значительными по размерам коническими поверхностями, по которым производится базирование. Вторым базирующим элементом является полукольцо с двумя сферическими наконечниками, расположенное в блоке на переднем плане рисунка 139.

Следующим этапом является автоматическое закрепление детали, перемещающейся подвижной системой (рис. 140).

Затем манипулятор перемещается вправо, предварительно раскрепив деталь.

После закрепления детали к поверхностям подводятся расположенные диаметрально противоположно четыре измерительных наконечника. Деталь начинает медленно вращаться, сигнал от наконечников измерительных преобразователей подается в компьютерный блок, на индикаторах которого показываются численные значения диаметров поверхностей и отклонение от соосности. Возможна настройка индикатора на контроль годности детали по указанным параметрам по альтернативному признаку.

Если деталь годная, автооператор производит ее захват и перемещение на рольганг или палету.

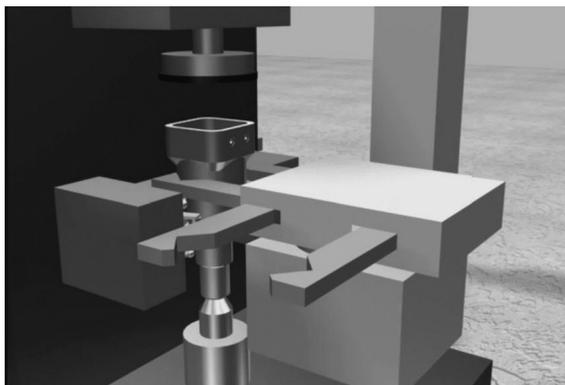


Рис. 139

Расположение детали перед измерениями

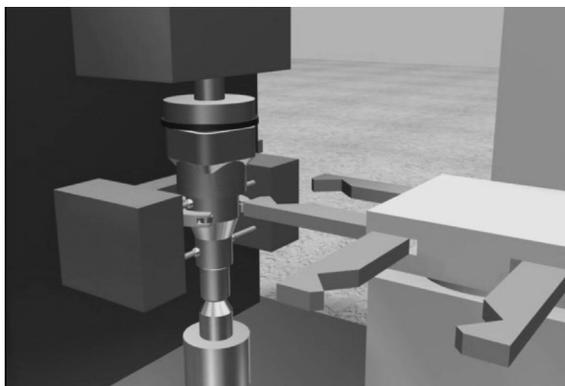


Рис. 140

Расположение детали в процессе измерения

Незначительное усовершенствование этой измерительной системы позволяет производить подналадку технологического процесса (переходить к активному контролю). Такая система может останавливать процесс обработки при различных неполадках, например поломке инструмента. Время измерения указанных параметров детали намного меньше машинного времени, и 100 %-ный контроль не скажется на производительности.

При необходимости увеличения производства деталей рекомендуется устанавливать 5 или 6 аналогичных систем, связав их общей транспортной системой в виде рольганга и определенного количества палет. В этом случае такая система, состоящая из токарных обрабатывающих центров, систем автоматического контроля, подналадки и транспортировки, будет представлять собой гибкую автоматическую линию, работающую по безлюдной технологии.

На многоцелевых станках наибольшее распространение получил метод измерения деталей посредством индикаторов контакта (датчиков касания) — щуповых измерительных головок, шариковые наконечники которых перемещаются в заданную точку и считывают координаты измерительной системы станка. Наконечник может легко перемещаться под действием силы, действующей в любом направлении. Обработка данных результатов измерения осуществляется ЭВМ. Разрешающая способность измерительных головок — 0,001 мм. Такие трехкоординатные головки (триггерные щупы) аналогичны датчикам, применяемым в трехкоординатных измерительных машинах. Контроль детали на станке осуществляется трехкоординатной щуповой головкой, сигнальная система которой связана с системой измерения перемещения. Наличие в системе ЭВМ позволяет обработать результаты измерений с учетом систематических погрешностей станка. Трехкоординатная щуповая головка состоит из измерительного шарикового щупа, измерительной головки и системы передачи сигнала.

Сигнальная система щуповой головки связана с системой измерения перемещений. Подналадка станка и корректировка программы осуществляются в ходе обработки по результатам измерения первой детали. В щуповых головках индуктивного типа беспроводная передача сигнала от измерительного устройства к щупу передается индуктивно. В качестве сигнала, соответствующего измеряемому размеру, используют частоту, изменяющуюся от 11 до 5 кГц.

В хвостовой части головки размещена батарея или аккумулятор для привода осциллятора, который включается автоматически при вводе щуповой головки в шпиндель станка. Головка содержит аналоговую индуктивную измерительную систему и устройство, бесконтактно передающее сигнал, соответствующий измеренной величине, в преобразователь, состоящий из приемника, микропроцессора для переработки входных данных, печатного устройства для регистрации отклонений и устройства вывода информации для передачи коррекции в систему ЧПУ. Беспроводная передача сигнала от измерительного устройства к станку осуществляется индуктивно при возможном зазоре в пределах 0,5–1,5 мм. При оптической передаче сигнала в щуповых головках используется инфракрасное излучение. Результаты измерений могут быть переданы также с помощью радиоволн в приемник сигнала.

На многоцелевых станках для выполнения измерений необходимо предусматривать в управляющих программах применение специальных измеритель-



ных циклов. Измерения могут производиться по каждой из координат. Щуповая измерительная головка на этих станках хранится в инструментальном магазине и автоматически подается манипулятором в шпиндель станка. Щуповые головки проверяют положение заготовки перед обработкой и между отдельными проходами. По команде ЧПУ измерительный наконечник головки приводится в соприкосновение с поверхностью детали перемещением узла станка вдоль одной из координатных осей. В момент соприкосновения шарового наконечника головки выдает импульс (сигнал), по которому УЧПУ фиксирует координатный размер в измерительной системе станка.



**Рис. 141**  
Оптическая сканирующая станция  
HOMMEL-ETAMIC OPTICLINE C305

Для дифференцированного контроля детали после обработки фирма HOMMEL предлагает оптическую сканирующую станцию (рис. 141, табл. 22).

*Таблица 22*

**Технические характеристики**

Технические данные	Параметры
Габариты: (Д×В×Ш), мм	780×650×912
Вес	140 кг
Измерительные элементы: датчик подсветка/источник света оптика	линейная CCD матрица светодиоды телецентрическая
Крепежное устройство: конус Морзе ход крепежного центра	МК 2 20 мм, вручную рычагом быстрого крепления
Компьютер	персональный компьютер
Аппаратные средства — операционная система	Windows 7
Энергопитание: рабочее напряжение основная частота максимальная потребляемая мощность	230 В 50/60 Гц 1,5 кВА

**Технические возможности и технология замеров (см. рис. 142):**

- деталь устанавливается в станцию и сканируется оптической системой;
- системы Hommel-Opticline-Contour обеспечивают комплексное, быстрое и точное сканирование деталей в форме тел вращения;
- подготовка стратегии измерения выбранных параметров занимает несколько минут, после чего однотипные детали измеряются по одной программе с вы-



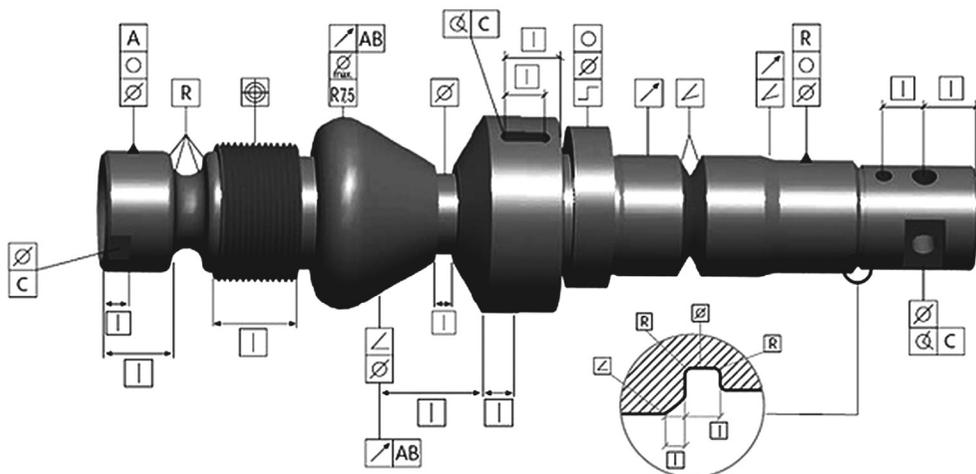


Рис. 142  
Измеряемые параметры поверхностей

водом протокола измерения. Высокая скорость измерения позволяет использовать подобные станции для 100 %-ного автоматизированного контроля;

- существует возможность сочетать различные измерительные функции в зависимости от заданной программы измерений;
- широкий выбор аксессуаров для крепежа изделий различной формы;
- автоматическая температурная компенсация;
- возможность вертикальной / горизонтальной установки;
- создание программы измерения за несколько минут;
- автоматический цикл измерения.

Виды измеряемых деталей:

- клапаны трубопроводной арматуры;
- ось ротора;
- вал-шестерня;
- шарнирный вал;
- жиклер, сопло, форсунка;
- турбинная лопатка;
- пневматическая или гидравлическая ось, вал;
- коленчатый вал;
- распределительный вал.

## 9.5. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ИНСТРУМЕНТА И КОНТРОЛЯ ЕГО СОСТОЯНИЯ

Технологическая подготовка производства и организация надежной работы автоматизированных станочных систем — трудоемкая задача. Требуется произвести размерную настройку инструмента с привязкой к координатам станка, детали, приспособления, а также обеспечить контроль за работой и состоянием режущих инструментов, на долю которых приходится более половины общего количества отказов.

### 9.5.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ НАСТРОЙКА ИНСТРУМЕНТОВ ВНЕ СТАНКА

Предварительная настройка инструмента вне станка (статическая настройка) обеспечивает сокращение подготовительно-заключительного времени при обработке партии деталей. Недостатком являются необходимость приобретения оборудования для настройки и невысокая точность обработки после такой настройки. Для повышения точности на практике требуется динамическая настройка обработкой пробных заготовок с последующей коррекцией положения режущих кромок инструмента, обычно выполняемое оператором с пульта управления.

Приборы для размерной настройки станков токарной и фрезерно-сверлильно-расточной группы (обрабатывающих центров) выпускаются Челябинским инструментальным заводом.

**Прибор для размерной настройки инструмента: модель 2010.** Прибор предназначен для предварительной установки в двух горизонтальных координатах как резцов в инструментальных блоках станков токарной группы, так и вращающегося инструмента в оправках и на борштангах станков сверлильной и расточной групп. Прибор (рис. 143) состоит из ступенчатой станины 1, на плоскости нижней ступени которой имеются *m*-образные пазы для установки переходников-адаптеров (имитирующих базирующие поверхности станков токарной

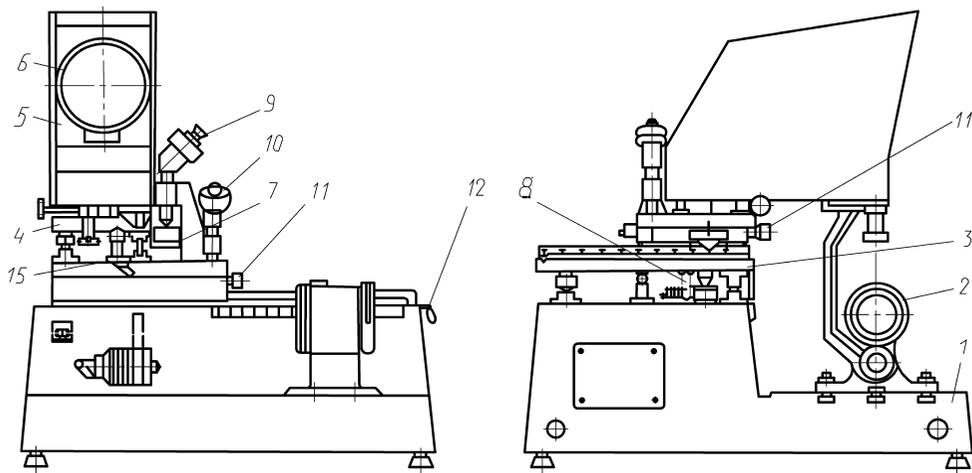


Рис. 143  
Прибор модели 2010

группы для установки инструментальных блоков), и шпиндельной бабки 2 для установки борштанг. На верхней поверхности станины находятся нижняя 3 и верхняя 4 каретки, перемещающиеся соответственно в продольном и поперечном направлениях. На верхней каретке установлено визирное устройство 5, выполненное в виде проекционного микроскопа. На поворотном экране 6 проектора имеется штриховое перекрестие.

Для установки инструментальных блоков на поверхности прибора устанавливаются сменные переходники-адаптеры. Установка адаптера по двум координатам относительно нулевых точек системы отсчета производится по

контрольному шаблону, имитирующему две грани резца с определенными размерами относительно базовых поверхностей шаблона. Каретки с проектором устанавливаются на координаты, соответствующие размерам контрольного шаблона. Адаптер с шаблоном устанавливается и закрепляется на станине прибора таким образом, чтобы грани шаблона совпали с перекрестием проектора. Затем калибр снимается с адаптера, и проектор настраивается на размер инструмента согласно координатам, указанным в карте наладки. Предварительная установка проектора на заданные координаты осуществляется перемещением каретки 15 по оптическим шкалам 7 и 8 и стеклянных линеек и отсчетным микроскопам 9 и 10. Точная установка проектора осуществляется микрометрическими винтами 11. После установки проектора на заданные координаты положение кареток фиксируется стопорными винтами 12. Настройка инструмента на заданные размеры координат осуществляется перемещением резца винтами настройки в положение, при котором его режущие кромки будут совпадать с перекрестием проектора, после чего резец закрепляется. Точность настройки инструмента по каждой координате 0,005 мм. Проверка положения режущей кромки инструмента по вертикали осуществляется индикатором часового типа, установленным на отдельной стойке. При необходимости установки резца на требуемый угол перекрестия предварительно устанавливаются по угломерной головке. Технические характеристики прибора приведены в таблице 23.

Таблица 23

Технические данные	Параметры
Увеличение проектора	30-кратное
Линейное поле зрения объектива проектора	6,5 мм
Рабочий участок экрана проектора	200 ± 2 мм
Расстояние от базовой плоскости основания до режущей кромки инструмента	200 ± 2 мм
Расстояние от режущей кромки инструмента до оправы объектива проектора	80 ± 2 мм
Рабочее перемещение кареток:	
продольное	300 мм
поперечное	200 мм
Предел допустимой погрешности установки координат:	
поперечной	0,015 мм
продольной	0,015 мм
Цена деления и шаг дискретности	0,001 мм
Габаритные размеры	700×970×960 мм

Принципиально новое решение для настройки и измерений деталей предлагает компания Renishaw. Триггерные датчики могут быть применены на токарных и фрезерно-сверлильно-расточных (ФСР) обрабатывающих центрах для наладки на определенную операцию, определения размеров в процессе обработки и измерения готовой детали.

Датчики устанавливаются в шпиндель или револьверную головку. Для выполнения указанных функций составляются подпрограммы, которые вводятся в систему ЧПУ обрабатывающих центров. В России аналогичные Renishaw датчики выпускались Ленинградским инструментальным заводом до 1990 г.



Измерения в рабочей зоне позволяют уточнять наиболее важные размеры детали, выполнять в случае необходимости коррекцию управляющей программы, регулировать или заменять изношенный инструмент, выявлять бракованные детали. Контактные измерения позволяют отказаться от использования дорогостоящих зажимных приспособлений и длительной процедуры выставления заготовки относительно осей станка с помощью индикаторов.

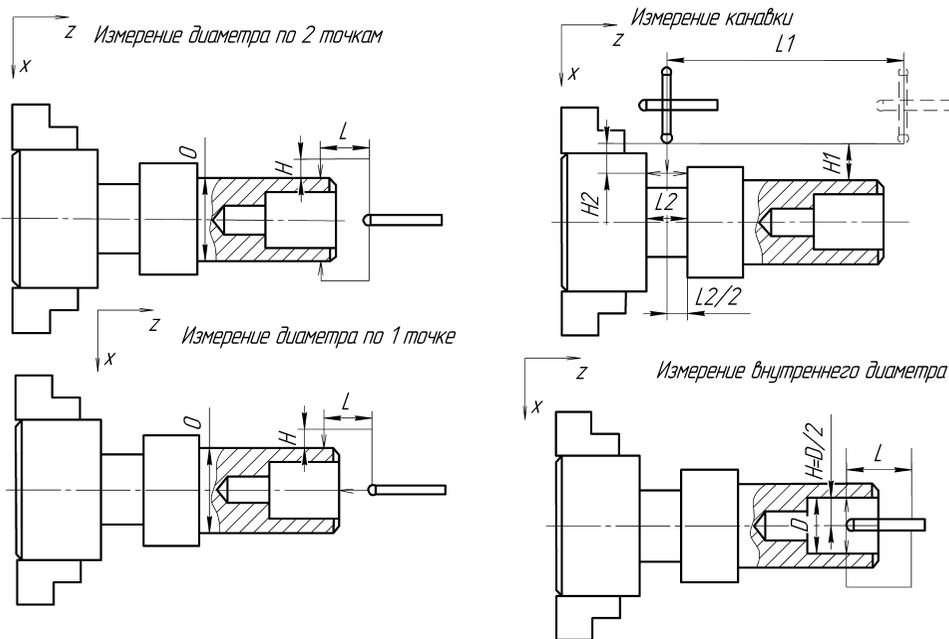
Кафедрой «Технология машиностроения» Южно-Уральского государственного технического университета разработана новая конструкция малогабаритной измерительной головки для токарно-револьверного станка 1В340Ф3 и ФСР обрабатывающего центра.

Измерительная головка является трехкоординатным устройством с электроконтактным преобразователем. Головка снабжена измерительным стержнем, на конце которого укреплен контактный наконечник в форме сферы из твердого сплава.

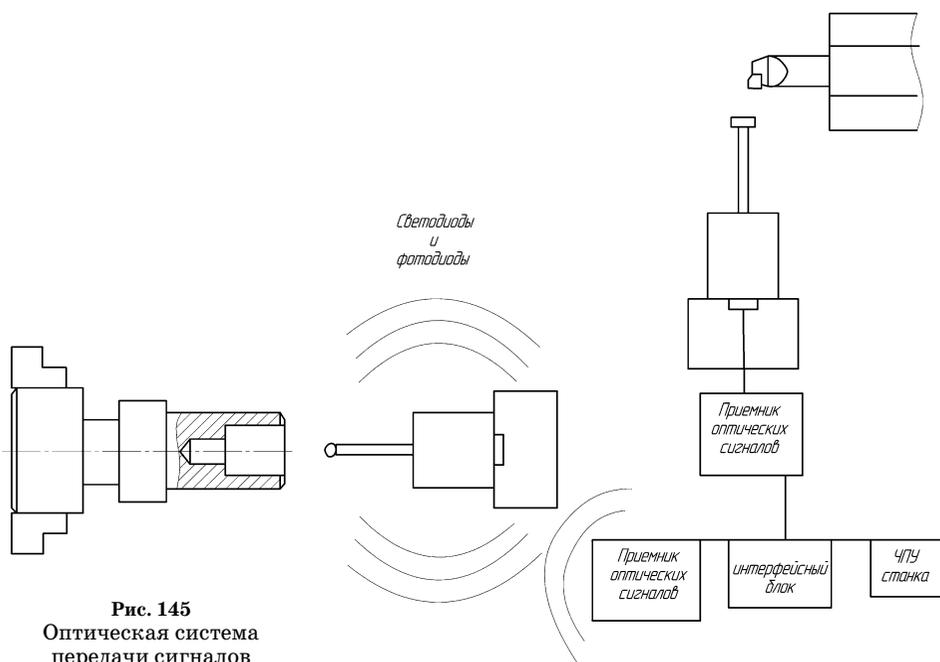
Принцип работы заключается в том, что из управляющей программы происходит вызов нужного цикла измерений (подпрограммы). После завершения цикла осуществляется математическая обработка данных с выдачей результатов измерений. Измерительные циклы показаны на рисунке 144.

Система передачи информации от щуповой головки может быть произведена тремя способами: с помощью кабеля, инфракрасного оптического бесконтактного устройства (рис. 145) и при помощи радиочастотного устройства.

Оптическая связь осуществляется с помощью инфракрасных свето- и фотодиодов. Преимущества оптической связи — в большом расстоянии между головками и приемником.



**Рис. 144**  
Измерительные циклы на станке с ЧПУ



**Рис. 145**  
Оптическая система  
передачи сигналов

Применение лазеров позволило расширить область применения оптических методов и повысить точность измерений. Лазеры создают наиболее интенсивный поток светового излучения, поэтому измерения можно проводить в помещениях с нормальной освещенностью и на больших дистанциях. Лазерные устройства позволяют производить измерения диаметров, длин деталей с точностью 0,25–0,75 мкм, производить бесконтактную настройку инструментов и их точности, проверять геометрическую точность станков.

### 9.5.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗНОСА И ПОЛОМКИ ИНСТРУМЕНТА

Контроль состояния режущего инструмента может быть осуществлен различными способами, основанными на использовании прямого и косвенного методов измерения. При прямом методе измеряется непосредственно величина износа режущей кромки инструмента, а при косвенном — параметр, проще поддающийся измерению и связанный с износом определенной корреляционной зависимостью. Возможен контроль состояния режущего инструмента как непосредственно в процессе резания, так и после его окончания. Измерение может производиться посредством механических, акустических, пневматических, индуктивных и других устройств. Методы измерения могут быть контактными и бесконтактными.

Наиболее простым способом определения износа инструмента является контроль каждого инструмента по его стойкости (времени его работы). Период стойкости инструмента (срок службы) определяется на основании статистических данных или на основе данных завода — изготовителя инструмента. Данные

стойкости каждого инструмента (данные о допустимой длине траектории режущей кромки), зависящие от условий его применения, вводятся в память УЧПУ. В процессе обработки заготовок ведется непрерывный счет фактического времени работы каждого инструмента.

Износ инструмента контролируется путем фиксации накопления в памяти УЧПУ суммарного времени работы инструмента в зависимости от вида обрабатываемого материала. Перед началом обработки УЧПУ автоматически определяет оставшееся время работы каждого инструмента путем вычитания запрограммированного времени стойкости инструмента, времени применения инструмента на предыдущих операциях и длительности цикла обработки на данной операции. Когда сумма времени работы какого-либо инструмента будет равна запрограммированной, УЧПУ подает сигнал на замену инструмента. Недостатком такого способа является необходимость надежного определения периода стойкости инструмента, что достаточно сложно. Поэтому предельный период стойкости инструмента следует назначать так, чтобы, с одной стороны, исключить полный износ, а с другой — не допустить замены инструмента до истечения периода фактической его стойкости. Определение износа инструмента посредством контроля инструмента по стойкости целесообразно применять для обдирочных операций, для которых характерны большие колебания припусков на обработку и, следовательно, заданных и действительных сил резания.

Контактный способ прямого метода определения износа инструмента осуществляется непосредственно автоматическим измерением износа. Для этого режущая кромка инструмента автоматически подводится к измерительному щупу, который выдает данные об износе в систему УЧПУ, где они сравниваются с запрограммированными. Наряду с износом инструмента при этом определяются и геометрия режущей кромки, наличие нароста на режущей кромке или скола режущей кромки. В зависимости от знака разности между фактическим и заданным значениями можно судить о сколе или об образовании нароста.

Косвенный метод контроля состояния инструмента может осуществляться автоматическим измерением обрабатываемой заготовки щупом, установленным в одном из гнезд револьверной головки станка или в гнезде магазина, откуда он автоматически устанавливается в шпиндель станка. Датчик измерительной системы измеряет в основном только те отклонения, которые зависят от износа инструмента. При достижении запрограммированной суммы коррекций дается команда на замену инструмента.

Контроль состояния инструмента в процессе резания является одним из основных факторов, обеспечивающих высококачественную обработку заготовок на станках с ЧПУ, особенно на станках ГПС при работе по безлюдной технологии. Одним из наиболее простых устройств для контроля косвенным методом в процессе резания, основанных на измерении потребляемой мощности, является датчик, реагирующий на мощность, затрачиваемую на резание. Принцип работы таких датчиков основан на регистрации мощности, потребляемой приводными электродвигателями станка.

При обработке эталонной детали заточенным инструментом при заданных режимах резания регистрируют мощность электродвигателя. Эти данные заносятся в память УЧПУ. Если в процессе последующей работы фактическая мощность будет превышать зарегистрированную на данном переходе, то станок



отключится и выдаст сигнал на замену инструмента. Для измерения сил и моментов резания применяются следующие чувствительные датчики:

- динамометрический тензодатчик, в котором зависящее от нагрузки сжатие кольцевого элемента обуславливает изменение сопротивления наклеенных тензодатчиков;
- пьезоэлектрический динамометрический датчик, в котором деформация пьезоэлектрических кристаллов обуславливает образование электрического заряда, преобразуемого посредством усилителя в пропорциональное электрическое напряжение;
- магнитоупругий динамометрический датчик (датчик сопротивления), в котором от нагрузки кольцевого элемента зависят магнитные характеристики материала и индуктивность катушки;
- магнитоупругий динамометрический датчик (датчик напряжения), в котором под действием нагрузки изменяется электрическая связь между первичной и вторичной обмотками;
- магнитоупругий датчик крутящего момента с четырьмя магнитоупругими динамометрическими датчиками, встроенными в неподвижную часть револьверной головки таким образом, что они выдают сигнал, зависящий от силы резания.

Наиболее широкое применение получили системы непрерывного контроля, построенные на базе силоизмерительных подшипников — динамометрических тензодатчиков, встроенных в подшипники, позволяющих измерять силы, действующие на опору шпинделя, либо силы подачи, которые можно оценивать по силе тока при использовании привода постоянного тока. Под влиянием осевой составляющей силы резания, которая передается от инструмента на опору шпинделя станка, упругий элемент, оснащенный тензодатчиками, деформируется. Преимуществами такой системы являются высокая чувствительность и разрешающая способность, обеспечивающие надежный контроль инструмента даже малого диаметра или измерение небольших осевых составляющих сил резания.

Обычно тензодатчики располагаются на наружной поверхности деформируемого корпуса. Конструкция обеспечивает герметичность устройства и защиту датчиков от попадания смазочного материала и влаги, а также от механических повреждений.

Внутреннее кольцо имеет форму упругого элемента, несущего тензометрические датчики. Датчики также защищены от попадания СОЖ. Инструментальный монитор позволяет выявить величину износа инструмента, его поломку, а также наличие инструмента при обработке. Принцип работы прибора контроля состояния инструмента основан на изменении параметров, характеризующих процесс резания. Входные параметры регистрируются путем установки датчиков или преобразования других электрических сигналов. Система контроля работает, ориентируясь на три граничных значения осевой силы. Первая соответствует границе износа, вторая — границе поломки, третья — границе нормальной работы.

Контроль поломок инструмента играет большую роль при автоматической обработке. При поломке инструмента наступает быстрое увеличение силы подачи, система немедленно реагирует на этот процесс и формирует команду систе-



мы управления станком, которая выключает подачу и подает звуковой сигнал обслуживающему персоналу.

Существует несколько вариантов измерения контролируемой силы резания в процессе обработки. Возрастание сил резания свидетельствует об износе инструмента. Если износ превышает заданный уровень, монитор дает сигнал о замене инструмента. Если сила резания внезапно превысит другой уровень, монитор фиксирует поломку инструмента и станок останавливается.

Разработаны устройства для непрерывного одновременного контроля состояния инструмента в процессе обработки по величинам составляющих сил резания по осям  $X$  и  $Z$  при обработке заготовок на токарном станке. Тензометрические датчики монтируются между подшипниками ходовых винтов продольного и поперечного суппортов.

Известны устройства для контроля состояния инструмента на многоцелевых станках. Тензометрические датчики монтируются между подшипниками шпинделя и винтами продольной, поперечной и вертикальной подачи.

При измерении износа инструмента с помощью оптического датчика он перемещается вдоль режущей кромки резца посредством электродвигателя. Величина смещения фиксируется датчиком положения, питающимся от источника света.

При оптико-электронном методе полученное в видеокамере изображение контролируемого инструмента преобразуется в цифровую форму, которая сравнивается с данными, вызываемыми из запоминающего устройства и соответствующими заранее введенному в память изображению контролируемого инструмента.

В настоящее время изучается вопрос использования для измерения износа инструмента и его состояния датчиков радиоактивного излучения. Инструмент облучается нейтронами или заряженными частицами, и в процессе резания небольшие облученные частицы материала инструмента отходят вместе со стружкой. Стружка помещается в поток масла, проходящий через измерительную головку, где измеряется уровень ее радиоактивности.

## 9.6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ

Активные средства контроля широко применяют в автоматизированных станочных системах в массовом, крупносерийном типах производств обычно на финишных операциях.

В зависимости от способа воздействия на ход технологического процесса активные средства контроля делят на: устройства, осуществляющие контроль до процесса обработки; устройства, контролирующие деталь после обработки; самонастраивающиеся устройства активного контроля (см. рис. 146).

Устройства для контроля деталей до их обработки относятся к защитно-блокирующим устройствам (рис. 146а). Они позволяют избежать повреждений режущего инструмента 4 или механизма станка 5 при бракованных заготовках 2. С помощью механизма 3, управляемого первичным преобразователем 1, такие устройства пропускают годные заготовки 6 и не допускают на станок бракованные заготовки 7, 8.



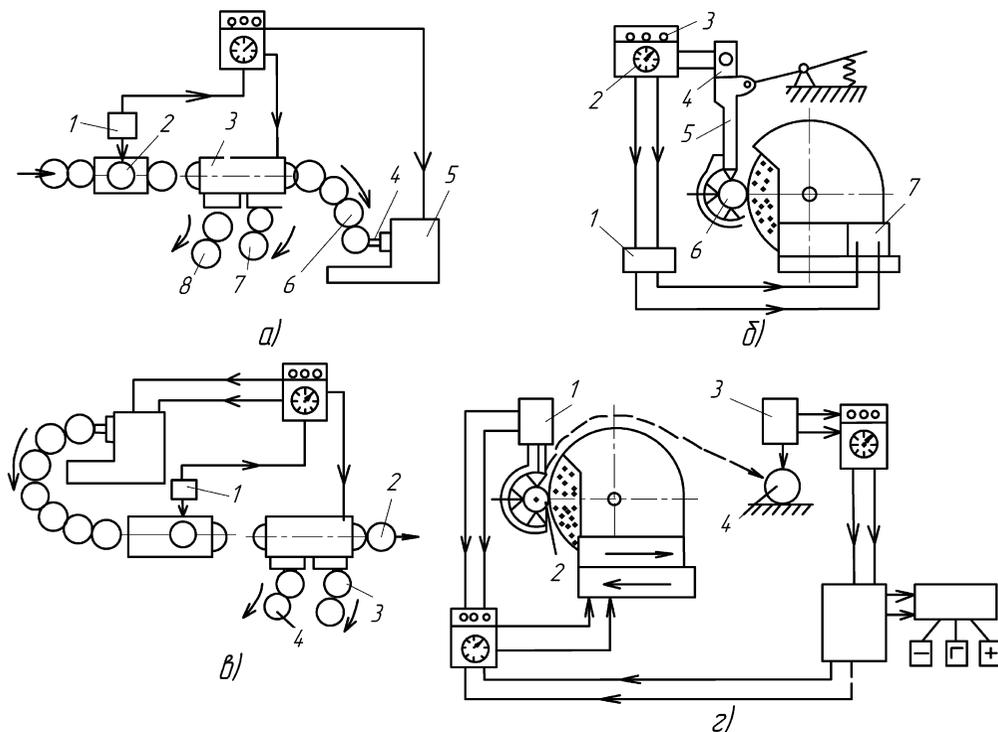


Рис. 146

Средства активного контроля:

*а* — защитно-блокирующие устройства; *б* — устройства для контроля в процессе обработки; *в* — устройства для контроля после обработки; *г* — самонастраивающиеся устройства.

Измерение детали *б* в процессе обработки (рис. 146б) контролируется первичным преобразователем 4, который установлен в трехконтактной скобе 5. По мере снятия слоя металла преобразователь 4 через усилитель 1 подает команды исполнительному устройству 3 станка 7 на изменение режима обработки, например, переход с чернового шлифования на чистовое и выхаживание. О размере детали информация подается на шкальный или цифровой прибор 2.

Контроль деталей после обработки производится устройством, схема которого показана на рисунке 146в. При помощи преобразователя 1 проверяются размеры каждой обработанной детали, и на основании измерений производится воздействие на механизм подналадки станка или бракованные детали сортируются на группы исправимы брак (детали 3), неисправимый брак (детали 4) и годные детали 2. Такие устройства называются подналадчиками и могут контролировать также положение режущей кромки инструмента.

Самонастраивающаяся двухступенчатая система контроля (рис. 146г) представляет собой сочетание контроля в процессе обработки с подналадкой. Преобразователь 1 обеспечивает автоматический контроль размеров деталей 2 в процессе обработки, а преобразователь 3 выполняет повторное измерение обработанных деталей 4, и таким образом устройством 3 происходит автоматическая подналадка. В некоторых самонастраивающихся системах для подналадки ис-

пользуют образцовую деталь, и посредством сравнения обрабатываемой детали с образцовой изменяется режим работы станка, прекращается обработка при достижении размера образцовой детали.

Двухконтактные емкостные или индуктивные преобразователи совместно с триггерным релейным устройством преобразуют непрерывный сигнал в дискретный — тем самым происходит управление работы станком.

## 9.7. КОНТРОЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ АВТОМАТЫ

Контрольно-сортировочные автоматы широко применяются в массовом производстве для стопроцентного контроля деталей, имеющих простую форму и небольшую массу (колец, тел качения подшипников, поршневых колец, пальцев). В зависимости от назначения различают автоматы разбраковочные, осуществляющие контроль и разбраковку изделий на годные и по видам брака; сортировочные, выполняющие сортировку деталей на определенное число групп с более мелкими групповыми допусками, например, для селективной сборки (рис. 147).

Проверяемая деталь 13, поступающая из лотка бункера 15, подается толкателем 14 под измерительный наконечник первичного преобразователя 1 и выдерживается в таком положении некоторое время, достаточное для стабильности положения и измерения. Перед окончанием измерения прерыватель замыкается, соединяя преобразователь с электронным блоком 3.

Если размер детали находится в пределах допуска, то контактный рычаг преобразователя 1 занимает среднее положение, не касаясь контактов 2. Заслонки 8 и 10 остаются закрытыми. Деталь 13 сталкивается толкателем 14 на лоток 12 и, скатываясь по открытым заслонкам, попадает в ящик 4 годной про-

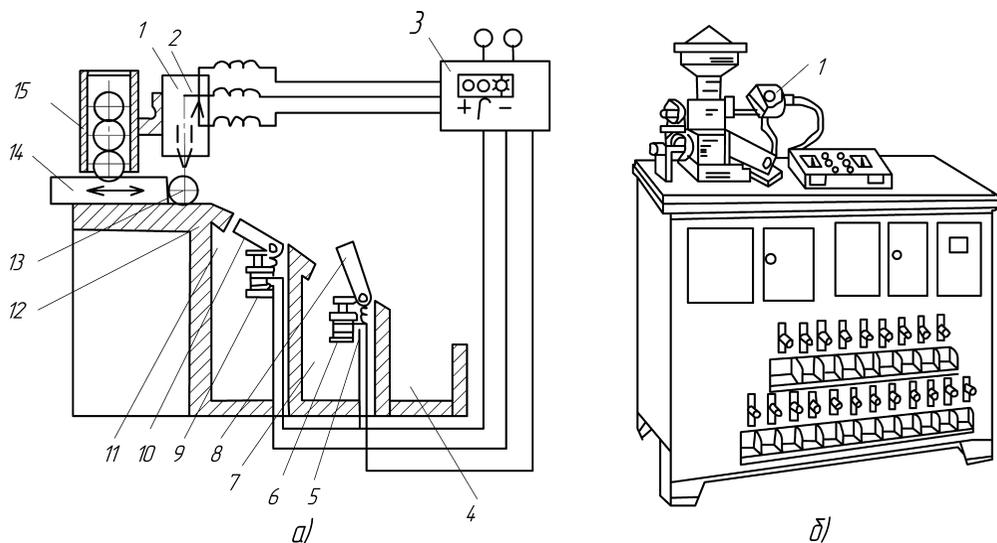


Рис. 147

Контрольные автоматы:

а — с электроконтактным преобразователем; б — с фотоэлектрическим преобразователем.

дукции. Если размер детали выходит за нижнюю границу допуска, то нижний контакт преобразователя остается замкнутым и электромагнит 6 отпускает якорь. При том пружина 5 поворачивает заслонку 8, открывая отверстие ящика 7 брака «минус». При увеличенном размере детали замыкается верхний контакт преобразователя, срабатывает электромагнит 9 и открывается заслонка 10. Бракованная деталь попадает в ящик 11 брака «плюс».

В настоящее время в России основным разработчиком современных средств контроля размеров является ОАО «НИИ измерения» ([www.micron.ru](http://www.micron.ru)). Организацией созданы и выпускаются универсальные средства измерений с цифровым отсчетом, приборы активного контроля и подналадчики для всех видов финишной обработки валов, отверстий с непрерывной и прерывистой поверхностью. Приборы активного контроля не уступают по техническим характеристикам зарубежным аналогам, например фирмы «Марпос».

Измерительные системы для контроля деталей типа тел вращения позволяют определять отклонения от круглости, волнистость, а также отклонение расположения. Погрешность составляет 2–4 мкм.

В основу создания средств контроля и измерения нового поколения положены следующие исходные принципы:

- использование перспективной элементной базы для автоматической обработки результатов измерений;
- цифровое представление измерительной информации с выводом на внешние устройства для управления и паспортизации.

## 9.8. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

При выборе средств измерений руководствуются следующим: обеспечивая заданную точность для нахождения размеров детали в установленных допусками границах, выбранное средство измерения должно обладать высокой производительностью, простотой и не вызывать удорожание продукции. Выбор средств измерения можно производить по коэффициенту запаса точности, на основе информационной теории измерительных устройств и по принципу безошибочности контроля. Наиболее распространенным является последний метод, при котором выбор средств измерений производится при известном значении номинального размера по соотношению между погрешностью измерения  $\Delta_{\text{изм}}$  и допуском  $IT$  размера:

- $\Delta_{\text{изм}} = (0,25 - 0,35)IT$  (ГОСТ 8.051-81);
- по значению предела допустимой погрешности средства измерения  $\Delta_{\text{инс}} < \Delta_{\text{изм}}$  (инструментальная погрешность) выбирается средство измерения;
- например, необходимо выбрать средство измерений диаметра вала  $d = 13$  мкм с допуском  $IT = 18$  мкм. По вышеприведенному соотношению примем, что  $\Delta_{\text{изм}} = 5$  мкм.

В качестве средства измерения можно принять гладкий микрометр МК 25 с инструментальной погрешностью  $\Delta_{\text{инс}} = \pm 0,002$  мм по паспортным данным микрометра.



## 10.1. БУНКЕРЫ И ПРЕДБУНКЕРЫ

**Б**ункерно-ориентирующее устройство (рис. 148) представляет из себя часть комплексного бункерного загрузочного устройства станка или машины, производящего автоматическую выборку, ориентирование и выдачу в лоток. На своем пути движения заготовки проходят следующие функциональные механизмы бункерно-ориентирующего устройства: бункер 4, механизм ориентирования (ориентатор) 3, механизм отвода избыточных заготовок 2, лоток 1. Далее из лотка заготовки подаются в магазинное загрузочное устройство. Движение захватного органа диска 5 производится от привода 6.

В бункерах смонтированы механизмы захвата и очень часто механизмы ориентирования, поэтому они являются конструктивным элементом механизма захвата и ориентирования и выполняют кроме функции накопления заготовок также функцию подготовки заготовки к захвату, т. е. производят внутрибункерное ориентирование заготовок.

Бункер должен вмещать такое количество заготовок, которое может обеспечить минимальную продолжительность непрерывной работы, составляющую обычно при одной заправке 8–10 мин.

Формы бункеров бункерно-ориентирующих устройств весьма разнообразны и в большинстве случаев представляют собой

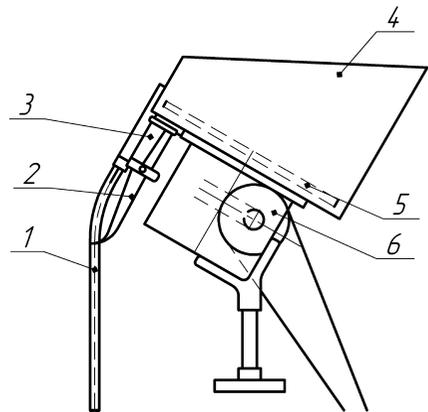


Рис. 148

Бункерно-ориентирующее устройство

сочетание различных поверхностей со сложными переходами. Наиболее распространены ковшеобразные и цилиндрические бункеры. В зависимости от формы, размеров и наличия производственных возможностей бункеры изготовляют литыми из чугуна, алюминия, силумина или из листовой стали (сварные, клепаные).

Внутренняя поверхность бункера, по которой происходит скольжение заготовок, должна быть тщательно обработана и не иметь шероховатости, которая может препятствовать надежному скольжению заготовок к месту захвата. Если бункер предназначен для пищевых продуктов, то его внутреннюю поверхность лудят или изготовляют бункер из нержавеющей стали. Для лучшего скольжения некоторых изделий производят подогрев бункера. Бункеры, применяемые в бункерных загрузочных устройствах металлорежущих станков, обычно имеют небольшие размеры — 350×400×300 мм.

Бункеры бункерно-ориентирующих устройств можно подразделить на две принципиально различные группы: I — бункеры, имеющие общее пространство для накопления и выборки заготовок; II — имеющие два пространства: пространство для накопления (предбункер) и пространство выборки заготовок (бункер).

В группе I бункеров (рис.149) захватные органы монтируют непосредственно в бункере-накопителе. Захватные органы в таких бункерах производят интенсивное ворошение всей массы заготовок. В ряде случаев интенсивное ворошение заготовок является причиной появления забоин, царапин, вмятин на заготовках, что нередко приводит к браку. Большое накопление заготовок

в бункерах вызывает постоянное давление верхних слоев заготовок на нижние, что препятствует свободному развороту их на дне бункера при прохождении захватных органов и ухудшает подготовку заготовок к захвату.

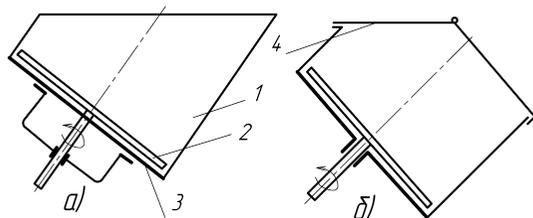


Рис. 149

Бункеры I группы — цилиндрические

Наиболее распространенным, особенно для дисковых загрузочных устройств, является бункер, показанный на рисунке 149а. Этот бункер представляет собой усеченный цилиндр 1, в донной части которого установлен вращающийся диск 2 с захватными профильными вырезами. Рабочее положение бункера обычно наклонное, что определяется условиями захвата и выдачи заготовок. Цилиндрические бункеры обычно изготовляют из листовой стали, а донную часть 3 — литой из чугуна. Для предотвращения выпадения заготовок из бункера в ряде случаев бункер закрывают крышкой 4 (рис. 149б), которая при загрузке заготовок откидывается вверх.

Если требуется интенсифицировать западание заготовок в ориентирующие профильные вырезы или щель, бункеры делают колеблющимися. Такие конструкции бункеров показаны на рисунке 150. Для уменьшения массы колеблющихся бункеров их изготовляют из листовой стали или алюминия.

Если требуется интенсифицировать западание заготовок в ориентирующие профильные вырезы или щель, бункеры делают колеблющимися. Такие конструкции бункеров показаны на рисунке 150. Для уменьшения массы колеблющихся бункеров их изготовляют из листовой стали или алюминия.

В бункере, относящемся к группе II, накопление заготовок производится в предбункере, а выборка — в бункере.

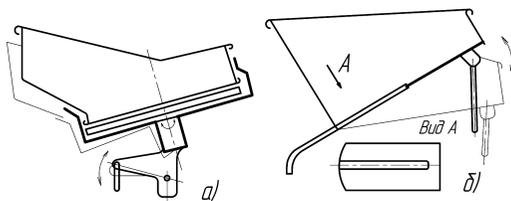
Заготовки, загруженные в предбункер 2 (рис. 151б), поступают в бункер. На рисунке 151б показан бункер с предбункером секторного устройства. Накопление заготовок происходит в предбункере 2, а выборка — в бункере 1. Пространство предбункера отделено заслонкой 3 (рис. 151а), посредством которой регулируется поток заготовок. Выборка заготовок осуществляется щелевым сектором, совершающим качательное движение в направлении, показанном стрелками.

Конструкция вращающегося бункера приведена на рисунке 152а. Заготовки, загруженные в предбункер 2, поступают в бункер 1. При вращении бункера заготовки перемещаются в нем и захватываются крючками. Регулирование потока заготовок из предбункера в бункер осуществляется заслонками 3. Бункер и предбункер отливают из чугуна. Для повышения надежности скольжения заготовок иногда предбункер делают колеблющимся.

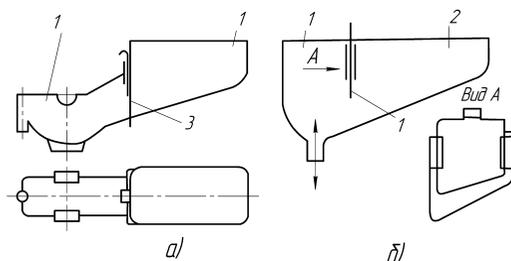
В предбункере легко создать большой запас заготовок, а в бункер подавать минимально необходимый запас, что обеспечит лучшую подготовку их к захвату вследствие улучшения формы донной части бункера и более свободного разворота заготовок. Таким образом, донная часть бункеров группы II будет лучше способствовать внутрибункерному ориентированию, чем в бункерах группы I.

Форма бункера зависит от типа захватного органа (диска, крючков, штырей, щелевого сектора и др.), угла трения заготовок о бункер, угла естественного откоса и метода внутрибункерного ориентирования заготовок, которое происходит при движении заготовок в зону захвата.

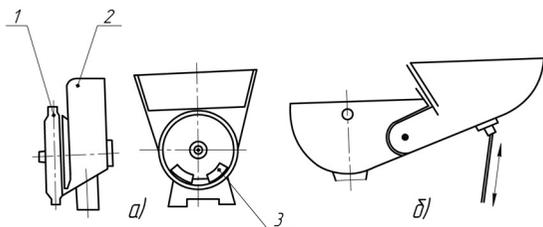
Если захватный орган представляет собой диск с профильными вырезами, то бункер обычно выполняют в виде усеченного цилиндра, в донной части которого расположен диск. Для обеспечения выдачи заготовок в лоток бункер устанавливают под соответствующим углом. При крючковом диске бункер делают в виде сосуда с полукруглым дном, предбункером (рис. 151). Если захватный орган представляет собой штырь, то донную часть бункера выполняют в виде воронки. Таким образом, от типа захватного органа зависит форма бункера.



**Рис. 150**  
Бункеры II группы — колеблющиеся:  
а — дисковый; б — щелевой.



**Рис. 151**  
Бункеры II группы с предбункерами  
(неподвижные)



**Рис. 152**  
Бункеры II группы с предбункерами:  
а — вращающийся; б — колеблющийся.



Объем бункера определяется запасом заготовок, необходимым для обеспечения непрерывной работы загрузочного устройства в течение расчетного периода времени, и может быть вычислен по формуле

$$V_6 = \frac{V_3 \cdot T}{tR_V},$$

где  $V_3$  — объем одной заготовки в  $\text{см}^3$ ;  $T$  — период времени непрерывной работы загрузочного устройства при одной заправке бункера в мин;  $t$  — штучное время на обработку в мин;  $R_V$  — коэффициент объемного заполнения.

Коэффициент объемного заполнения зависит от формы заготовок и их состояния (статического или вибрационного) в бункере. Особенно большое значение на заполнение объема оказывает отношение длины заготовок к диаметру. Для цилиндрических и конических заготовок, шариков, шайб и некоторых других коэффициент заполнения  $R_V=0,5-0,65$ . Для заготовок, у которых длина  $l \gg d$  (диаметр), коэффициент заполнения следует брать по нижшему пределу ( $R_V=0,5$ ), а для заготовок, у которых  $l < d$  — по верхнему пределу ( $R_V=0,65$ ).

## 10.2. ЛОТКИ

Лотки предназначены для накопления заготовок с целью синхронизации производительности бункерного загрузочного устройства со станком и передачи их в питатель. Лотки оказывают большое влияние на надежность работы бункерного устройства, так как в них очень часто происходит застревание заготовок вследствие неправильного выбора диаметра, изгиба и наклона лотка.

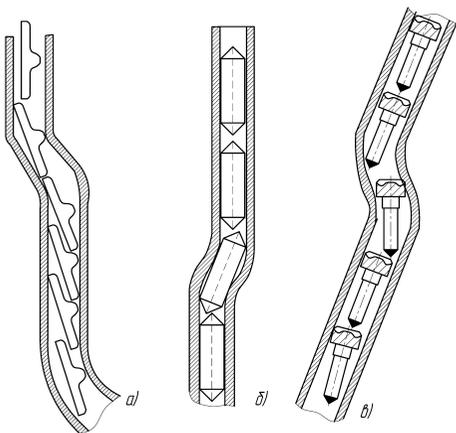


Рис. 153

Формы лотков и заготовок, способствующие заклиниванию

В ряде случаев заготовки имеют такую форму, которая способствует их заклиниванию в лотке: например шайбы с большими фасками и выступами посередине (рис. 153а-в). Поэтому проектирование лотков связано с большими затратами времени на их разработку и исследование.

На надежность работы влияют также и допуски размеров заготовок. В этом случае сечение канала лотка может оказаться малым или большим, что приведет к застреванию заготовок в лотке и нарушению работы устройства, поэтому

соблюдение технологии обработки заготовок непосредственно связано с надежностью работы бункерного загрузочного устройства.

По расположению заготовок лотки можно разделить на три группы:

- 1 — с расположением заготовок вдоль канала лотка;
- 2 — с расположением заготовок поперек канала лотка;
- 3 — с расположением заготовок под углом к горизонтальной плоскости.

**Лотки первой группы.** Лотки первой группы применяются преимущественно для подачи цилиндрических заготовок с прямыми, коническими, сферическими торцами; трубочек, колпачков, у которых  $l > d$ . Заготовки в лотке располагаются вдоль канала лотка.

На рисунке 154 показаны лотки первой группы для цилиндрических заготовок соотношением длины к диаметру  $l/d = 1/6$ , движение заготовок в которых производится под действием собственного веса. Конфигурация лотков выбирается в зависимости от расположения ориентатора, выдающего заготовки, и питателя. В винтовых (в виде пружины) лотках (рис. 154а) происходит надежное движение заготовок, их широко применяют в крючковых бункерных загрузочных устройствах. От удара заготовок при падении из ориентатора винтовой лоток колеблется, что способствует устранению заклинивания и надежному перемещению заготовок в лотке. Для крепления винтового лотка к ориентатору его верхний конец заделывают во втулку присоединителя.

Для цилиндрических заготовок и шариков применяют жесткий лоток, показанный на рисунке 154б. В нем также происходит надежное перемещение заготовок. Для наблюдения за движением заготовок и устранения их перекоса в лотке предусмотрен сквозной паз. Верхний конец лотка закрепляют во втулке присоединительного механизма, а нижний вставляют во втулку. На рисунке 154в показан участок дважды изогнутого жесткого лотка. Если цилиндрическая заготовка имеет соотношение  $l/d < 1$ , а угол  $\beta$ , образованный стенкой лотка и торцевой поверхностью заготовки, то заготовка на изгибе лотка будет заклиниваться. Поэтому необходимо рассчитать радиус лотка  $R$  и диаметральный зазор между заготовкой и лотком.

Бункерное загрузочное устройство, приведенное на рисунке 155, применяют для подачи конусных роликов на шлифовальный станок. Ролики из бункера 1 подаются на сортировочный механизм 2, выполненный в виде двух вращающихся валов, образующих мерную щель. Валики вращаются в разные стороны (снизу вверх). Ролики, имеющие заданный диа-

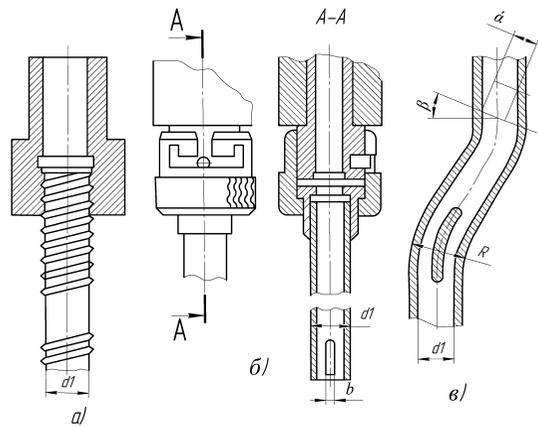


Рис. 154

Лотки для продольного расположения заготовок

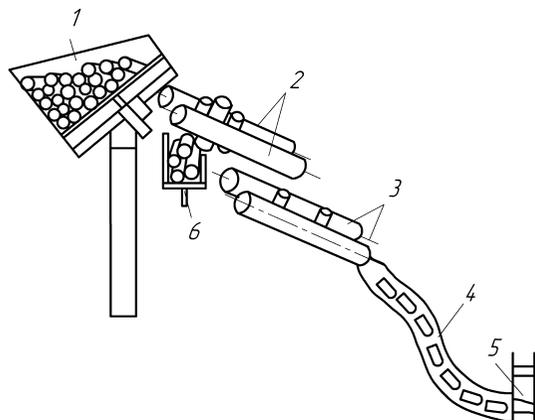


Рис. 155

Бункерно-ориентирующее устройство с различными конструкциями лотков

метр, перемещаются на валиках и спадают с них на подающий механизм 3 аналогичной конструкции с сортировочным механизмом. Ролики с меньшим диаметром (бракованные) проваливаются через щель и попадают в коробку 6. С подающего механизма 3 заготовки спадают в лоток 4, верхняя часть которого представляет собой витой лоток, а нижняя — жесткий. Далее заготовки поступают в дисковый питатель 5.

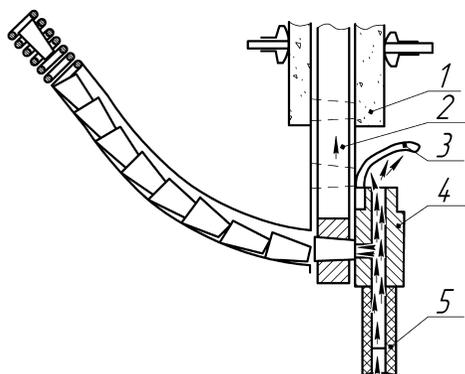


Рис. 156  
Комбинированный лоток с воздушными питателями

и гашения воздуха, выходящего из сопла, служит щиток 3. Дисковый питатель подает ролики на шлифовальные круги 1, которые обрабатывают их торцы.

**Лотки с принудительным движением заготовок.** В некоторых конструкциях бункерных загрузочных устройств накопление и передача производится лотками с горизонтальным расположением. На рисунке 157 показаны спаренные лотки, осуществляющие подачу цилиндрических заготовок со сферической формой торцов клиновыми ремнями 1 и 7. Поперечное сечение приемно-ориентирующего лотка прямоугольное, оно образовано двумя стенками 2 и ремнем 1, расположенным в донной части лотка. Верхняя часть лотка выполнена открытой, в нее западают заготовки из вибрационного лотка 3 и в процессе транспортирования ориентируются. Неправильно запавшие заготовки и второй их ряд сбрасываются вращающимся барабаном 4 с лопастями (для хрупких заготовок лопасти изготавливаются из волоса). Ориентиро-

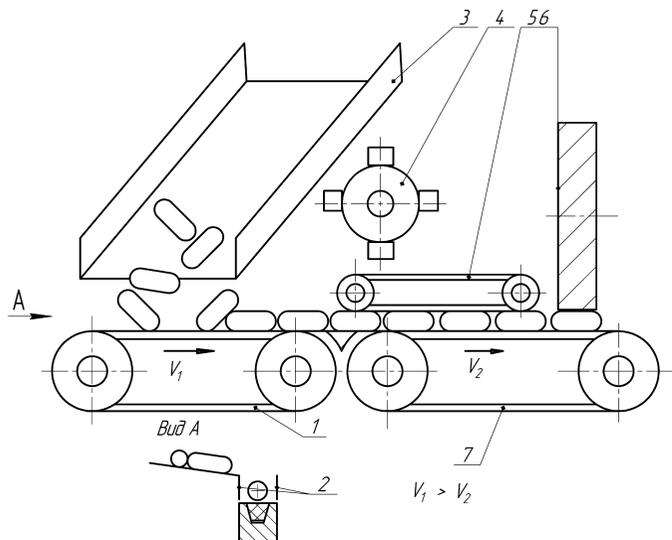


Рис. 157  
Спаренные лотки для принудительной подачи заготовок

вращающимся барабаном 4 с лопастями (для хрупких заготовок лопасти изготавливаются из волоса). Ориентиро-

ванные заготовки перемещаются ремнем 1 в транспортирующий лоток (на рисунке расположен справа), канал которого в поперечном сечении имеет форму замкнутого прямоугольника, образованного нижним 7 и верхним 5 ремнями, которые перемещают заготовки в дисковый питатель 6. Скорость  $V_1$  ремня 1 несколько меньше скорости  $V_2$  ремня 7. Это позволяет с меньшими инерционными усилиями производить ориентирование и транспортировку заготовок в питатель. С целью доступа в канал транспортирующего лотка предусмотрено отклонение ремня 5 с правым роликом вверх. В случае прекращения подачи заготовок в транспортирующий лоток предусмотрено блокирующее устройство, выключающее станок.

Луч света проходит канал лотка в поперечном направлении, и если лоток заполнен заготовками, то он не попадает на фотоэлемент. В том случае, когда нет заготовок в канале, луч света попадает на фотоэлемент, который дает сигнал на выключение станка. Блокировочное устройство устраняет расход других полуфабрикатов при сборке и упаковке изделия. Производительность таких лотков до 450 шт./мин.

**Лотки второй группы.** Применяют преимущественно в дисковых загрузочных устройствах для передачи заготовок (цилиндров, шайб, кругов и др.), сориентированных в горизонтальной плоскости большим параметром (длиной). Поэтому лотки второй группы обладают большей емкостью и компактностью, чем лотки первой группы. Это позволяет устанавливать бункер на высоте, удобной для обслуживания. На рисунке 158 показан прямолинейный лоток второй группы для накопления и передачи цилиндрических заготовок, у которых длина значительно больше диаметра. Он выполнен из четырех стенок 3, образующих канал прямоугольной формы, по которому перемещаются заготовки 1, 2. В передней стенке делается продольный вырез 4 для наблюдения за положением заготовок в лотке и устранения перекосов. Недостатком прямолинейных лотков второй группы является то, что при понижении уровня заготовок в лотке образуется свободное пространство, пролетая которое, заготовки могут переориентироваться и занять вертикальное положение, что нарушает их подачу.

Более надежная подача заготовок 1 осуществляется лотками, имеющими волнообразный канал («змейка», см. рис. 159). Заготовки из ориентатора 2 западают в волнообразный канал 3 и катятся по нему вниз, накладываясь друг на друга, не нарушая ориентирования. В волнообразном канале заготовки сохраняют горизонтальное положение, так как контакт заготовки с волнообразной поверхностью происходит по всей длине на любом участке канала. Волнообразный канал обра-

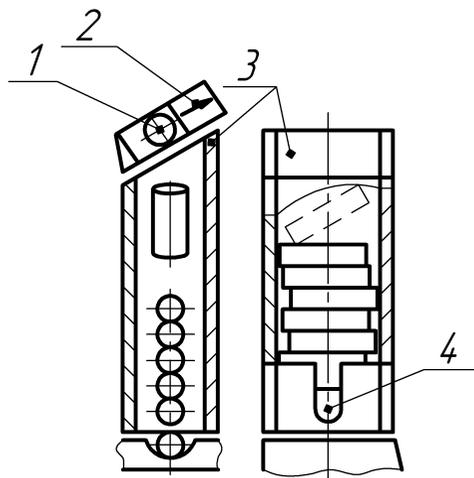


Рис. 158  
Лоток для поперечного расположения заготовок

зуется двумя отдельными профильными стенками 4, закрепленными на торцевых стенках 5 и 6. Выдача заготовок в питатель осуществляется отсекателем.

**Лотки третьей группы.** К этой группе относятся щелевые и винтовые лотки сложной формы. Они применяются в секторных, шиберных и других бункерных загрузочных устройствах для накопления и подачи цилиндрических заготовок со шляпкой, гладких цилиндров, втулок, кругов и т. п.

Заготовки в них могут занимать при движении различное пространственное положение, что обусловлено формой канала лотка. На рисунке 160 показан щелевой лоток 1 с прямолинейным и криволинейными участками. Лоток устанавливается под углом к горизонтали как продолжение сектора 3, производящего ориентирование и выдачу заготовок из бункера 4 в лоток. В начале лотка заготовки занимают вертикальное положение, а по мере движения вниз они

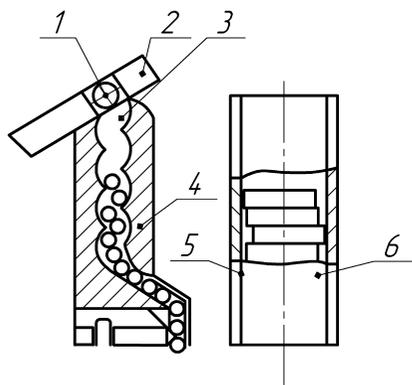


Рис. 159  
Лоток-змейка

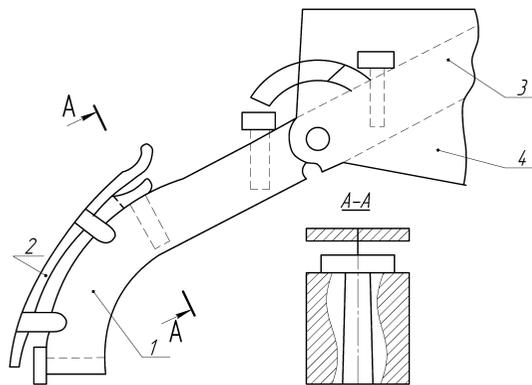


Рис. 160  
Лоток, поворачивающий заготовки на 90°

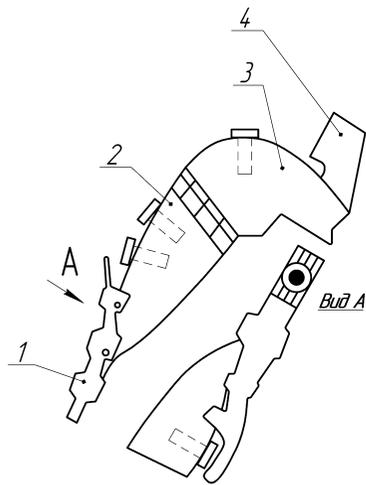


Рис. 161  
Спиральный лоток,  
осуществляющий  
пространственный поворот  
заготовок на 90°

изменяют свое пространственное положение и в конце лотка занимают горизонтальное положение, в котором захватываются питателем для передачи в рабочую позицию. Для предотвращения выпадения заготовок из щели в зону изгиба лотка установлен предохранительный щиток 2.

На рисунке 161 показан спирально-щелевой лоток 2, у которого щель проходит по спирали. Он предназначен для подачи цилиндрических заготовок с головками. Заготовка, перемещаясь по спиральной щели сверху вниз, поворачивается из вертикального в горизонтальное положение. В лоток 2 заготовки в ориентированном положении поступают из бункера 4 в короткий лоток 3, прикрепленный к донной части бункера. Лоток закрыт щитком 1, препятствующим выпадению заготовок из лотка. Такая конструкция лотка не требует специального механизма поворота заготовок.

Винтовые лотки применяют в тех случаях, когда недопустимы удары одной заготовки о другую, что имеет место при падении заготовок из ориентатора. Винтовые лотки исключают удары.

Винтовой лоток (рис. 162) состоит из трубы 1 и спирали 2 в виде пружины. Заготовка обоими концами заходит в канавку спирали, где под действием силы тяжести вращаются вокруг центра и плавно перемещаются вниз в ориентированном положении к питателю. Ширина канавки  $a$  должна быть больше диаметра заготовки на  $0,1-0,5 d$ , а диаметр трубы  $D$  берется равным  $1,15$  длины заготовки. Угол подъема спирали обычно лежит в пределах  $30-40^\circ$ .

Винтовые лотки сложны и трудоемки в изготовлении, поэтому на практике их распространение ограничено.

**Расчет лотков.** Угол наклона может быть выбран в зависимости от принятой предельной скорости самотечного перемещения деталей. При качении на наружной поверхности круглых деталей (колец, дисков и пр.) в лотках с опорными полосами угол наклона лотков составляет  $10-15^\circ$ , при скольжении клапанов и других деталей (поршней, гильз) на торце в лотках с опорными полосами, прутками угол наклона увеличивается до  $25-30^\circ$ .

При перемещении плоских деталей в лотках по роликам или шарикоподшипникам угол наклона уменьшают до  $3-5^\circ$ . В спиральной части гибких лотков угол наклона обычно увеличивается на  $20-30\%$ .

Лотки собирают из унифицированных деталей. Особенностью гибких лотков является возможность подгонки их (в том числе и радиуса  $R_{cp}$  изгиба лотка) по месту в зависимости от местоположения оборудования в пределах  $\pm 5-10$  мм, что упрощает монтаж. Гибкий лоток изготавливается из стальной ленты, поставляемой в бунтах. В ленте заранее (с одной или двух сторон) выштампованы прорезы для прохода соединительных шпилек. Радиус  $R_{cp}$  изгиба лотка обычно устанавливают в пределах трех-пяти диаметров транспортируемой детали.

**Проходимость деталей в лотках (лотковых конвейерах).** Проходимостью деталей называют свойство перемещаться в лотках и лотковых конвейерах без задержки и потери ориентации (самовольного переворачивания). Плавность и скорость перемещения деталей зависит от их массы, соотношения размеров детали и лотка, параметров шероховатости поверхности скольжения и прогиба лотка, степени загрязнения лотка и деталей (стружкой, маслом, СОЖ и пр.) и др. Тяжелые детали при всех прочих равных условиях перемещаются лучше легких. На выпуклых и вогнутых участках лотка скорость перемещения замедляется. Для уменьшения конечной скорости перемещения деталей часто лотки выполняют из двух участков с разными углами наклона. При этом угол наклона участка лотка на выходе детали берется меньше угла трения.

Хорошая проходимость деталей в лотках гарантируется зазором  $\Delta l$  между деталью и стенками лотка в пределах допустимого перекоса. Этот зазор обеспе-

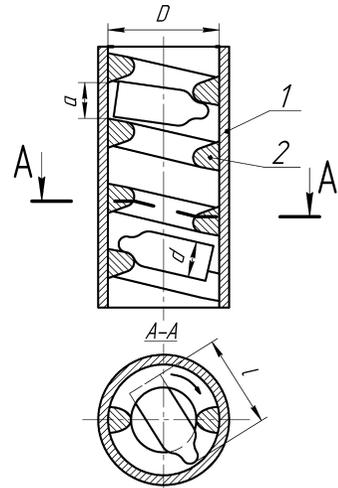


Рис. 162  
Винтовой лоток

чивается правильно установленными допусками на размеры заготовки (детали) и на размеры изготовленных лотков по ширине.

Для катящихся деталей (колец, роликов и т. п.) с плоскими торцами и небольшими фасками в местах перехода на образующую

$$\Delta l = \frac{\sqrt{l^2 + D^2}}{\sqrt{1 + f^2}},$$

где  $D$  — диаметр детали, мм;  $l$  — длина детали, мм;  $f$  — коэффициент трения,  $f=0,24-0,26$ . Обычно зазор  $\Delta l$  (среднее значение) берут в пределах 2–4 мм. Предельные скорости самотечного перемещения деталей в лотках приведены в таблице 24.

Таблица 24

Предельные скорости, м/мин, самотечного перемещения деталей в лотковых конвейерах и лотках

Материал детали	Масса, кг	Скольжение		Качение		Скатывание на роликах	
		заготовки	детали	заготовки	детали	заготовки	детали
Чугун	0,1–0,5	93–66	51–36	60–42	39–30	72–51	51–36
Бронза	1–4	48–24	30–15	33–15	21–9	36–18	30–15
Латунь	0,2–1	105–78	51–36	72–51	51–36	78–57	60–42
Сталь незакаленная	2–8	54–27	30–15	36–18	30–15	42–21	33–15
Сталь закаленная	0,3–1,5 3–12	114–90 72–36	72–51 36–18	78–57 42–21	60–42 33–15	90–75 60–24	72–51 36–18
Медь	0,1–0,5	78–57	45–30	51–36	36–27	60–42	39–30
Алюминий	1–4	42–21	21–9	24–15	18–9	33–15	21–9

### 10.3. МЕХАНИЗМЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК

Процесс ориентирования заготовок лежит в основе построения любого автоматического загрузочного устройства, осуществляющего подачу штучных заготовок в рабочую позицию в строго определенном рабочем положении. Поэтому выбор принципа построения и разработка механизма ориентирования является одним из главнейших вопросов проектирования автоматических загрузочных устройств.

Трудность создания механизмов ориентирования обусловлена необходимостью соблюдения ряда условий: укладки всех заготовок в требуемом положении, надежности прохождения заготовок в механизме ориентирования и выдачи их в лоток, исключения возможных повреждений заготовок в процессе ориентирования, обеспечения требуемой производительности. Несоблюдение одного из этих условий может привести к тому, что механизм ориентирования не обеспечит заданной производительности.

Для практики проектирования автоматических загрузочных устройств первостепенное значение имеет знание существующих способов ориентирования в автоматических загрузочных устройствах, оправдавших себя в производстве. Существует большое число разновидностей конструкций механизмов ориентирования, что усложняет их изучение. Для упрощения выбора и анализа ме-



ханизмов целесообразно их классифицировать. За основу при классификации принимается способ ориентирования заготовок.

Ориентирование заготовок есть процесс автоматического разворота заготовок в требуемое положение, которое происходит при движении заготовок в механизме ориентирования.

Для разворота заготовок в требуемое положение используют, с одной стороны, особенности формы заготовок (наличие отверстия, паза, бурта, головки) или смещения их центра тяжести относительно оси симметрии, с другой стороны, форму ориентирующего звена (фасонные вырезы, щель и др.). В зависимости от выбора той или иной особенности формы заготовки и формы ориентирующего звена различаются и способы ориентирования. Например, если заготовка имеет отверстие, а ориентирующее звено — вид крючка, то такой способ ориентирования называют «надевание заготовки на крючок».

Если для ориентирования принимают головку заготовки, а ориентирующее звено — сектор со щелью, то такой способ называют «ориентирование щелью», или «западание в щель».

Ориентирование заготовок может производиться в один и в два приема. Ориентирование в один прием осуществляется в процессе захвата заготовок. Например, в крючковых загрузочных устройствах заготовка захватывается крючком за отверстие. Следовательно, захват заготовок является в то же время и процессом окончательного ориентирования. Ориентирование в два приема осуществляется отдельно: предварительное — во время захвата, окончательное — при прохождении через вторичный механизм ориентирования. Например, в дисковых загрузочных устройствах предварительное ориентирование цилиндрических длинных колпачков производится при западании их в прямоугольные вырезы диска, а окончательное — при транспортировании в верхнем положении специальным механизмом вторичного ориентирования.

Окончательное ориентирование заготовок может осуществляться как внутри бункера, так и вне его. В многопозиционных загрузочных устройствах механизмы ориентирования встраивают в захватный диск, поэтому заготовки такими бункерно-ориентирующими устройствами выдаются из бункера в лоток окончательно ориентированными. В ряде конструкций бункерно-ориентирующих устройств предварительное ориентирование производится внутри бункера. Механизм ориентирования в этом случае можно устанавливать в начале, середине или в конце лотка.

Для классификации механизмов ориентирования выделяют семь основных наиболее распространенных способов ориентирования: I — надевание заготовки на крючок; II — западание заготовки в щель; III — западание заготовки в фасонный вырез по профилю заготовки; IV — поворот заготовки на фасонных губках и других опорах; V — по расположению центра тяжести; VI — западание заготовки в трубку; VII — особые случаи ориентирования, например ориентирование заготовок по их электрическим свойствам (в частности, ориентирование селеновых шайб).

**Ориентирование заготовок надеванием на крючок, штырь.** Разновидности механизмов ориентирования, построенных на этом принципе, можно подразделить на две группы: осуществляющие захват и ориентирование заготовок одновременно (см. рис. 163 и 164); осуществляющие ориентирование заготовок в два приема (см. рис. 165).

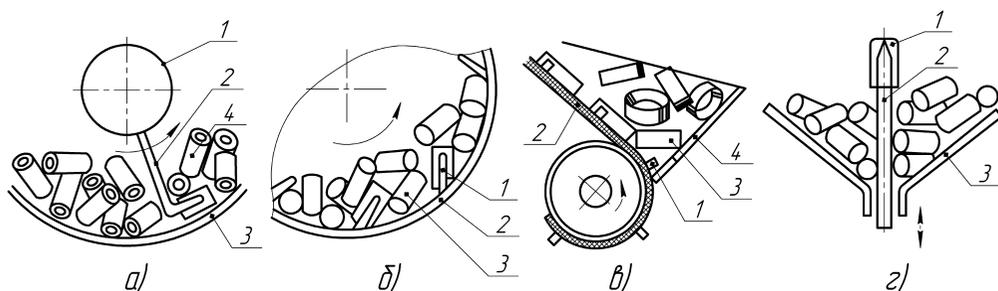


Рис. 163  
Механизмы ориентирования в один прием

На рисунке 163а показана схема механизма ориентирования в один прием колпачков, у которых  $l > d$ . Крючки 2, установленные на вращающемся диске 1, перемещаются в заготовках 4, засыпанных в бункер 3, захватывают их и транспортируют к приемному лотку, где они под действием собственного веса спадают с крючков в лоток. Следует отметить, что крючки, проходя в заготовках, могут повреждать заготовки, особенно тонкостенные колпачки. Максимальная производительность при 12 крючках до 150 шт./мин.

Безударный механизм ориентирования в один прием показан на рисунке 163б. Во вращающемся бункере вмонтировано кольцо 2, на внутренней поверхности которого вставлены штыри 1 конической формы под некоторым углом к радиальному направлению (тангенциальные штыри). При вращении бункера кольцом заготовки 3 перемещаются в нем и транспортируются вверх к приемному лотку. Этот способ ориентирования исключает принудительное движение крючков в заготовках, вследствие чего заготовки не повреждаются. В кольце размещается от 35 до 73 штырей. Максимальная производительность при 73 штырях до 400 шт./мин. Этот способ ориентирования используется в высокопроизводительных бункерно-ориентирующих загрузочных устройствах для подачи колпачков на прессы и другие машины.

Для ориентирования низких колпачков используют штыревой механизм (рис. 163в). На бесконечном ремне 2 закреплены штыри 1 с определенным шагом. Ремень со штырями размещают в донной части бункера 3. При движении ремня и штырей в направлении, показанном стрелкой, штыри захватывают колпачки 4 и ориентируют их доньшком вверх. В таком положении они транспортируются вверх, ко второму шкиву. На перегибе ремня, образованном шкивом, штыри уходят вниз, а заготовки соскальзывают в лоток. Производительность этого механизма ориентирования до 100 шт./мин.

Одноштыревой механизм ориентирования показан на рисунке 163г. Его применяют для колпачков, у которых  $l > d$ . Штырь 2 совершает возвратно-поступательное движение, в процессе которого (при движении вверх) на штырь 2 надеваются колпачки 1 и транспортируются в лоток, установленный в верху бункера 3. Производительность одноштыревого механизма ориентирования до 70 шт./мин.

Механизмы ориентирования с одним крючком показаны на рисунке 164. Эти механизмы используют для ориентирования небольших деталей — шайб, гаек и т. п. На рисунке 164а показан механизм, предназначенный для ориен-

тирования стеклянных бусинок (шайб) 1 размером

$$D_{\text{нар}} = 3,5 \text{ мм,}$$

$$d_{\text{внут}} = 2,5 \text{ мм,}$$

$$h_{\text{выс}} = 2 \text{ мм.}$$

Загруженные в бункер 2 заготовки 1 захватываются колеблющимся крючком 5. При данном положении крючка бусинки спадают с него и надеваются на иглу 3, имеющую диаметр, равный диаметру крючка. По игле заготовки перемещаются под действием собственного веса к питателю. Трубку 4 монтируют в бункере с целью предотвращения попадания бусинок в зону движения их по игле. Бункерно-ориентирующие устройства с таким механизмом ориентирования применяют в сборочных станках электровакуумного производства. Их производительность до 35 шт./мин.

Механизм ориентирования заготовок для гаек показан на рисунке 164б. На периферии вращающегося бункера 2 помещен крючок 1, заостренная часть которого направлена навстречу движению бункера, а следовательно, и заготовок 3. В процессе движения заготовок надеваются на крючок, проталкивают друг друга вдоль крючка, и попадают под пластмассовые ролики 4, которые принудительно (силой трения) перемещают заготовки по крючку к питателю. При переполнении крючка заготовками ролики будут проскальзывать по заготовкам. Устройства с данным способом ориентирования применяют для подачи мелких заготовок (гаек) на резбонарезные станки. Производительность металлорежущих автоматов редко превосходит 50 шт./мин, поэтому однопозиционные механизмы ориентирования можно с успехом применять в бункерных загрузочных устройствах, предназначенных для металлорежущих автоматов. Для станков и машин, имеющих производительность свыше 100 шт./мин, следует применять механизмы ориентирования, показанные на рисунке 163а, б.

Механизмы, производящие ориентирование заготовок в два приема, показаны на рисунке 165.

Заготовки в виде шайб (небольших размеров) засыпают в бункер 2 (рис. 165а), где их захватывает качающийся совок 4. В верхнем положении совка шайбы спадают на иглу 3.

Шайбы, попавшие отверстием на иглу, перемещаются по ней вниз к питателю, а остальные падают в бункер. Работа данного механизма ориентирования сопровождается ударами, вызываемыми погружением совка в заго-

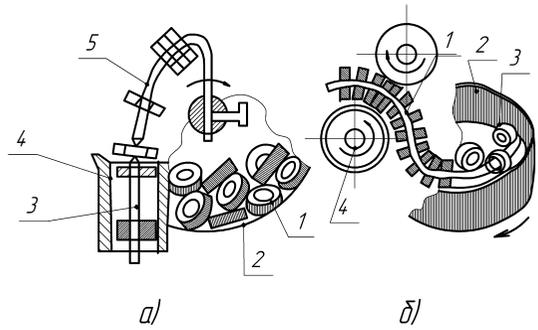


Рис. 164  
Однокрючковые механизмы ориентирования в один прием

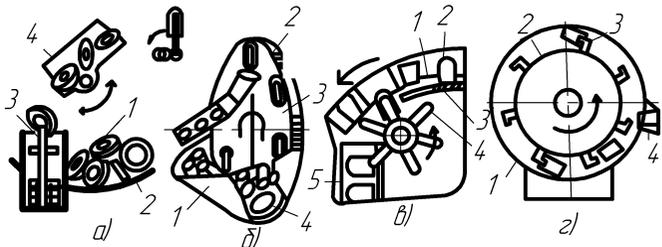


Рис. 165  
Механизмы ориентирования в два приема

товки, вследствие чего детали могут быть повреждены. Поэтому для ориентирования заготовок из хрупких материалов следует применять однокрючковый механизм ориентирования, показанный на рисунке 164а, который отличается безударной работой.

Механизм ориентирования с поворотными крючками 4, смонтированный на диске 3 (рис. 165б), применяют для подачи колпачков, втулок и других заготовок. Особенность этого механизма состоит в том, что при захвате и транспортировке крючки 4 занимают тангенциальное положение, а при выдаче (в верхнем положении) поворачиваются на  $90^\circ$ , что способствует быстрому и надежному спаданию заготовок с крючков и попаданию их в лоток 2. Если лоток заполнен заготовками, то лишние заготовки падают в бункер 1. Производительность такого механизма до 100 шт./мин.

Конструкция механизма, ориентирующего колпачки ( $l > d$ ) в два приема, приведена на рисунке 165в. Этот механизм отличается плавностью работы. В нижней части бункера колпачки западают в гнезда 2 кольца 1 и транспортируются вверх к звездочке 4, где они проходят вторичное ориентирование. Колпачки, запавшие отверстием вниз, надеваются на штырь звездочки 4 и передаются в лоток 5. Те колпачки, которые запали отверстием вверх, остаются в отверстии кольца, так как штыри звездочки упираются в доньшки и сопровождают их до тех пор, пока они не зайдут за лоток. Приводом вращения звездочки является диск 1, в отверстия которого входят штыри. Для предупреждения преждевременного выпадения колпачков из отверстий предусмотрен щиток 3. Производительность этого механизма ориентирования доходит до 200 шт./мин.

Механизм для ориентирования малых колпачков ( $l > d$ ) показан на рисунке 165г. Ориентирование производится в два приема. Заготовки западают в пространство между крючками 3, доньшком или отверстием к крючку. Если колпачки надеты на крючок, то они не выдаются в лоток 4, а будут транспортироваться вверх, где и спадут в бункер 1. Те колпачки, которые расположены доньшком к крючку, перемещаясь вверх, западут в лоток. Крючки выполняют заодно с диском 2 вследствие их малых размеров.

**Ориентирование заготовок посредством щели.** Этот способ применяют преимущественно для подачи заготовок с головкой: болтов, шурупов, винтов, гильз, заклепок. Ориентирование посредством щели применяют также для заготовок типа шайб, конических роликов, звеньев цепей, цилиндрических стержней. На рисунке 166 показаны механизмы ориентирования посредством щели в один прием.

Механизм ориентирования с щелевым качающимся сектором 1 (рис. 166а) получил широкое распространение для деталей с головкой патронного и метизного производства. Конструкцию качающегося сектора можно легко приспособить и для подачи шайб, звеньев цепей, стержней, втулок. Для этого в щели делают перегородку 2 на глубине, которая определяется размерами и пространственным расположением заготовок в щели. Например, для ориентирования шайб с вертикальным расположением диаметра в щели (рис. 166а, сечение I) глубину следует брать равной или несколько меньшей диаметра шайб. При горизонтальном расположении диаметра шайбы в щели (рис. 166а, сечение II) глубину следует брать равной толщине шайбы. Производительность секторных механизмов ориентирования равна до 130 шт./мин.

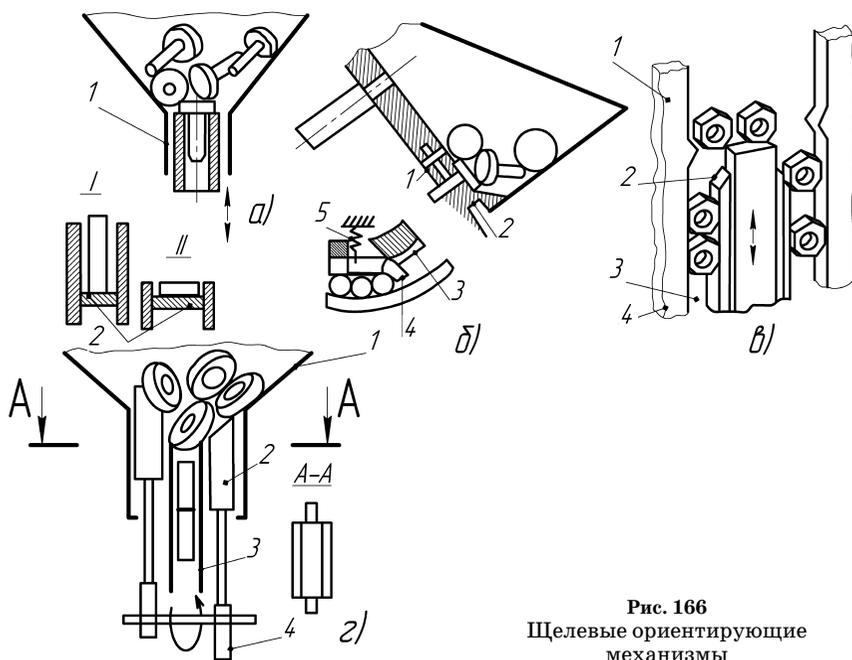


Рис. 166  
Щелевые ориентирующие механизмы

Механизм ориентирования с круговой щелью 3 (рис. 166б), образованной вращающимся диском 1 и неподвижным дном бункера 2, применяют для ориентирования тонкостенных гильз со шляпками, винтов с цилиндрическими головками и др. Заготовки, запавшие в щель, захватываются собачками 4, установленными в щели диска 1, и транспортируются в верх бункера, где они выдаются в щелевой лоток. В том случае, когда лоток переполнен заготовками, собачки утапливаются в щель диска и проскальзывают по заготовкам. Собачки поджимаются к заготовкам пружиной 5. Этот способ ориентирования обеспечивает плавность работы и высокую производительность (до 220 шт./мин).

Механизм ориентирования для гаек показан на рисунке 166в. Его особенностью является выдача соразориентированных гаек в два потока, что позволяет подавать их из одного бункерно-ориентирующего устройства на две рабочие позиции. Гайки, загруженные в бункер, концентрируются в верхнем пространстве, образованном стенками 1 и доской 4. При возвратно-поступательном движении доски заготовки западают в каналы 3, образованные стенками 1 и направляющими 2. В нижнем положении заготовки выдаются на рабочую позицию. Механизм для ориентирования шайб, кругов и подобных им деталей показан на рисунке 166г. Внутри бункера вмонтированы два ворошителя 2 и лоток 3, канал которого выполнен прямоугольным и соответствует боковой проекции шайбы. При возвратно-поступательном движении ворошителей шайбы западают в канал лотка и под действием силы тяжести перемещаются вниз к питателю. Возвратно-поступательное движение ворошителей осуществляется кулачковыми механизмами 4.

Ориентирование длинных цилиндрических заготовок с головками, у которых  $l > 4d$ , производится механизмом, показанным на рисунке 167а. Вращаю-

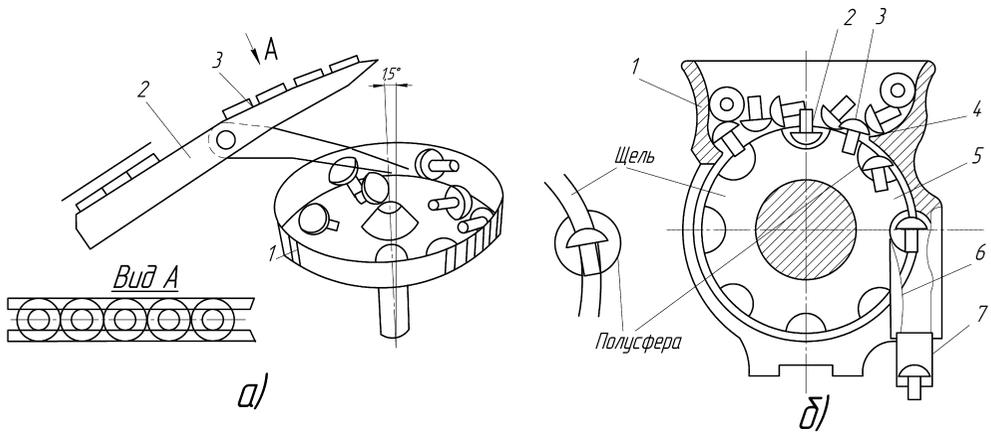


Рис. 167

Щелевые ориентирующие механизмы с качающимся щелевым лотком:  
*а* — с круговой щелью; *б* — со сферическими углублениями.

щийся бункер 1 устанавливают под углом  $10-15^\circ$  к вертикальной оси. Загруженные в бункер заготовки перемещаются центробежной силой к периферии бункера, и большинство из них располагается длиной по хордам (головками вперед или назад). Качающийся щелевой лоток 3 опускается в бункер, погружается в движущиеся заготовки и захватывает их щелью. Затем лоток поднимает их вверх, и они соскальзывают в неподвижный лоток 2. Недостатком этого механизма является быстрый износ захватной части качающегося лотка. Производительность до 40 шт./мин.

Механизм ориентирования заклепок показан на рисунке 167*б*. Часть заклепок, засыпанных в бункер 1, западает цилиндрическим концом 3 в круговую щель барабана 5, а часть — головкой 2 в полусферическую выемку концом вверх. Если заклепка запала в щель и находится не в полусферической выемке, а на верхней плоскости барабана, то, подойдя к выступу 4, она остановится, а барабан 5 будет продолжать вращаться и подведет полусферическую выемку под заклепку 3, которая и западает в нее. Если заклепка запала в полусферическую выемку головкой 2, то уступ повернет ее цилиндрическим концом вниз. При дальнейшем движении заклепок (за уступом 4) они сохраняют вертикальное положение по длине. Подойдя к лотку, они выпадают из сферической выемки в лоток 7. Для надежности выпадения заклепок из барабана предусмотрен съемник 6, который вставлен в щель. Особенностью этого механизма является плавность работы. При выполнении на барабане нескольких ориентирующих щелей и полусферических выемок возможна многопоточная подача.

В производстве встречаются заготовки, имеющие глубокие прямолинейные шлицы. Ориентирование таких заготовок производится надеванием их шлицом на захватный орган в виде прямоугольника.

**Механизмы ориентирования с карманчиками, вырезами и отверстиями, выполненными по профилю заготовок.** Эти механизмы применяют для ориентирования низких колпачков, шайб, шаров, цилиндров, трубочек и других деталей. Ориентирование осуществляется, как правило, в один прием при захватывании или западании заготовок в карманчики или вырезы.

Карманчиковый механизм ориентирования низких колпачков 3 со сферическими доньшками показан на рисунке 168а. При вращении диска 1 карманчики 2, закрепленные на диске, перемещаются в заготовках, некоторые из них захватывают заготовки в бункере 4 и транспортируют их вверх. При дальнейшем движении они выпадают из карманчиков и поступают в лоток 5. Принудительное зачерпывание заготовок, находящихся в донной части бункера, приводит к интенсивному ворошению заготовок и к повышенному износу карманчиков, а в ряде случаев и к повреждениям заготовок. Такого типа ориентирующие механизмы следует применять для жестких колпачков, допускающих царапины на поверхностях. Максимальная производительность 130 шт./мин.

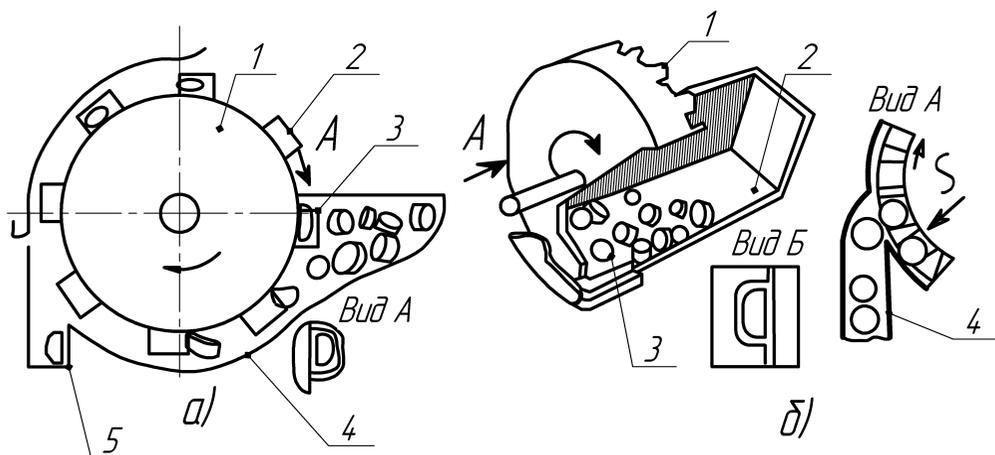


Рис. 168  
Карманчиковые ориентирующие механизмы

Более плавную работу обеспечивает механизм ориентирования с профильными карманчиками 3 (рис. 168б), выполненными на торце кольца 1. Внутренняя поверхность кольца (с карманчиками) находится ниже наклонного дна бункера 2, вследствие чего колпачки перемешаются и заполняют нижнее пространство, образованное кольцом. При вращении кольца колпачки перемещаются в нем, часть из них под действием силы тяжести западает и ориентируется профильными карманчиками. Сориентированные колпачки транспортируются к лотку 4, где выпадают в него из карманчиков. Максимальная производительность 130 шт./мин.

Для колпачков с плоскими доньшками 1 (рис. 169, вид А) ориентирование производится профильными вырезами 2 с язычками 3, выполненными на стенке вращающегося барабана 5. Под действием центробежной силы, создаваемой вращающимся барабаном, ускоряется процесс ориентирования, а следовательно, увеличивается и производительность. Через профильные вырезы проходят только те колпачки, которые расположены отверстием к язычкам. При движении колпачков в вырезах они надеваются на язычки, поворачиваются на некоторый угол и в ориентированном положении поступают в щель 6, образованную вращающимся барабаном и кожухом 7 с дном. Из щели колпачки попадают в широкий лоток 4 доньшками книзу. В лотке колпачки укладываются и выдаются

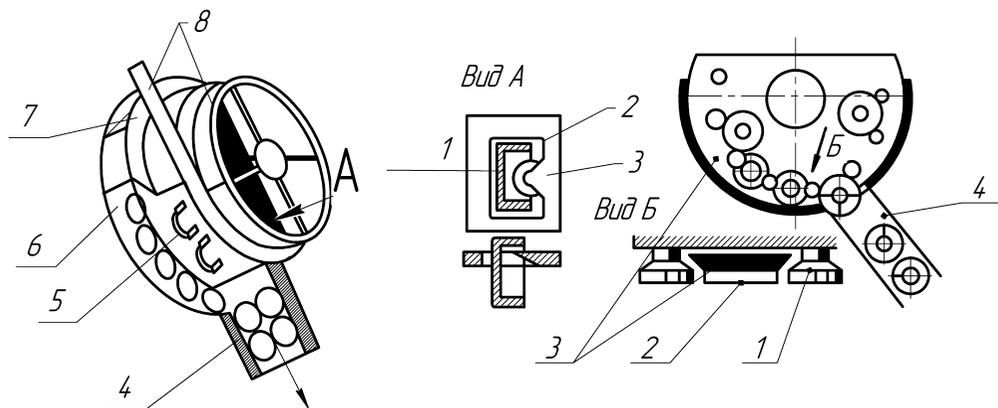


Рис. 169

Карманчиковые ориентирующие механизмы со сложной формой карманчиков

в несколько рядов. Такие механизмы ориентирования применяются в высокопроизводительных прессах, осуществляющих многопозиционную обработку.

Ориентирование гофрированных металлических колпачков (пробок) 2 производится окнами, имеющими форму боковой проекции колпачка (рис. 169, вид Б). Окна образуются диском 3 и шипами 1. Те колпачки, которые запали большим диаметром к диску, выдаются в лоток 4, а те, которые запали обратной стороной, транспортируются вверх и спадают в бункер.

В современном массовом производстве автоматизируют подачу заготовок, сделанных не только из металла, но и из других материалов, например из пластмассы, дерева, стекла, мастики. На рисунке 170а, б показаны механизмы ориентирования цилиндрических заготовок со сферическими концами из тестообразного материала с тонкой твердой оболочкой. Ориентирование производится профильными отверстиями, выполненными на прерывисто вращающемся диске 2. Диск устанавливается в донной части бункера 1. При движении диска заготовки западают в отверстия 4 и транспортируются к позиции выборки. Второй ряд заготовок на диске (перед позицией выборки) сбрасывается щеткой 5. Заготовки, запавшие в отверстия, подаются толкателем 3 вверх, где они захватываются и передаются в позицию сборки. Особенностью этого механизма является выдача заготовок вверх, а не в лоток, как это было в ранее рассмотренных механизмах ориентирования.

На рисунке 170б приведена другая конструкция механизма ориентирования для тех же деталей. В диске 2 с наклонным расположением донной части бункера 1 выполнены отверстия 3.

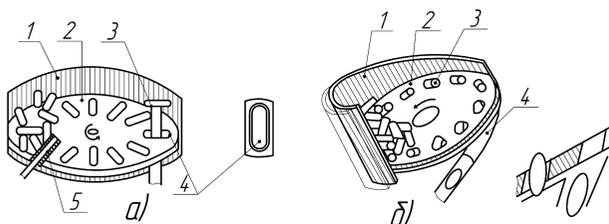


Рис. 170

Ориентирующие механизмы с карманчиками

ра 1 выполнены отверстия 3. При вращении диска заготовки западают в отверстия и транспортируются вверх. При совмещении отверстия диска 3 и лотка 4 заготовки, находящиеся в отверстиях, выпадают в лоток. Для улучшения западания заготовок в отверстия диска механизм

ориентирования делают колеблющимся. Максимальная производительность таких механизмов ориентирования 145 шт./мин.

Механизмы ориентирования заготовок профильными губками применяются для заготовок, имеющих параболическую, коническую и другие близкие к ним формы. Ориентирование производится в два приема — предварительное (первичное) и окончательное (вторичное) в бункере или вне бункера.

На рисунке 171 показан механизм ориентирования заготовок параболической формы на профильных губках 7. В донной части бункера 1 установлен диск 2, на котором выполнены прямоугольные вырезы (карманы) 4.

При вращении диска заготовки западают в карманы заостренной частью вправо или влево (предварительное ориентирование) и транспортируются к механизму вторичного ориентирования 3. Выпадению заготовок из карманов препятствует дно бункера 5, в котором против механизма вторичного ориентирования сделано окно: через него заготовки последовательно выпадают из карманов и поступают на губки 7 механизма вторичного ориентирования. На губках заготовки разворачиваются острым концом вниз и падают в лоток 6. Таким образом, вторичное ориентирование осуществляется в одной позиции, вне бункера. Максимальная производительность 120 шт./мин.

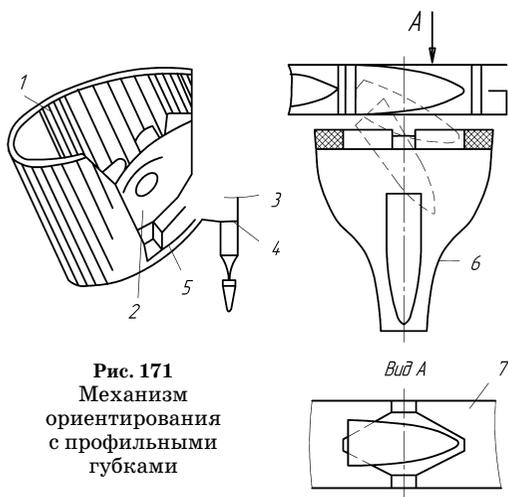


Рис. 171  
Механизм ориентирования с профильными губками

Механизм ориентирования для метчиков аналогичен описанному выше. Первичное ориентирование производится прямоугольными карманами, выполненными на диске, а вторичное — губками 1 с продольными пазами 2, установленными вне бункера (рис. 172). Пазы имеют жесткий допуск на диаметр рабочей части (больший диаметр) и свободный — на диаметр хвостовика (меньший диаметр), вследствие чего хвостовик всегда быстрее проваливается в паз 2. В лоток 3 метчики поступают расположенные хвостовиками вниз. Максимальная производительность 100 шт./мин.

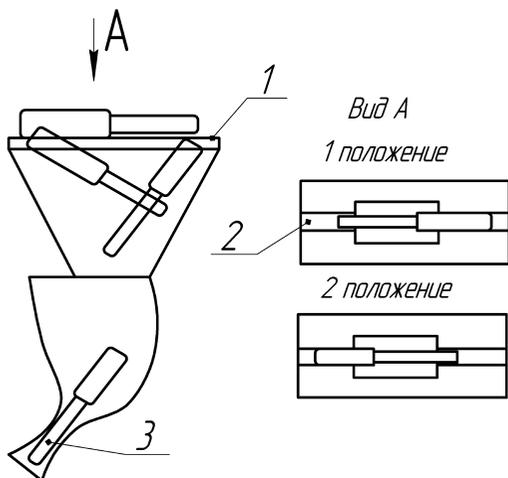


Рис. 172  
Механизм ориентирования с профильными губками для метчиков

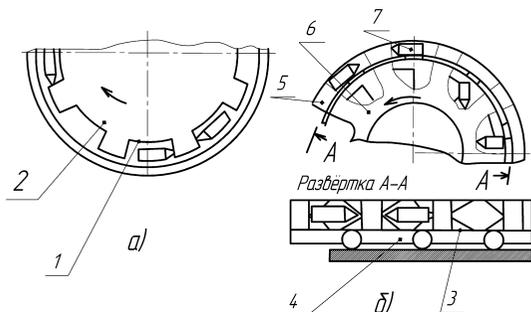


Рис. 173

Многопозиционный механизм ориентирования с профильными губками:

а — вид на диск с крышкой;

б — вид на диск без крышки.

которые разворачивают заготовки всегда заостренной частью вниз. Во время движения заготовки выпадают из карманов через прорезь 7 и попадают в прямоугольные радиально расположенные прорези диска 4, который транспортирует и передает заготовки в лоток. Максимальная производительность многопозиционного ориентирующего устройства с профильными губками 220 шт./мин.

В многопозиционном механизме (рис. 174) первичное ориентирование заготовок производится радиальными пазами 2, выполненными на диске 3, а окончательное — вверху опрокидывателем 4, который скользит в пазу 1 диска. Если заготовка 5 запала неправильно, то она набегает на опрокидыватель, поворачивается на 180° и занимает окончательно ориентированное положение 6 на диске.

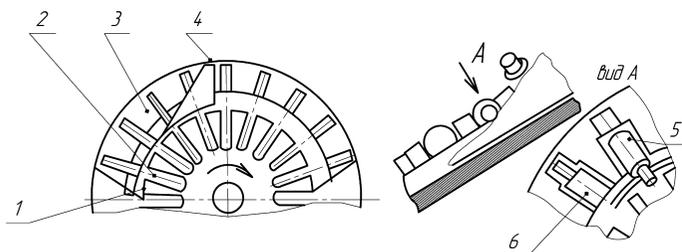


Рис. 174

Механизм ориентирования с радиальными пазами и опрокидывателем

При дальнейшем движении диска происходит выдача заготовок в лоток. Максимальная производительность такого механизма ориентирования 220 шт./мин.

Механизмы ориентирования по расположению центра тяжести заготовок получили

широкое распространение для деталей цилиндрической формы (колпачков), а также для деталей, имеющих форму патронных гильз. Характерной особенностью этих заготовок является смещение центра тяжести относительно их середины. Ориентирование заготовок при этом способе производится в два приема: предварительное — в процессе захвата, окончательное — при прохождении механизма вторичного ориентирования. Этот способ положен в основу построения бункерных загрузочных устройств со многими или с одной позицией вторичного ориентирования.

Многопозиционные механизмы ориентирования показаны на рисунке 175. Окончательное ориентирование заготовок в этих механизмах (кроме рисун-

как и в предыдущих механизмах. Отличаются они тем, что механизмы вторичного ориентирования размещены внутри бункера на диске. Таким образом, как первичное, так и вторичное ориентирование производится внутри бункера, и заготовки выдаются из бункера в лоток окончательно ориентированными.

Предварительное ориентирование производится карманами 1, образованными перегородками 5 диска 6 и крышкой 2, окончательное — на профильных губках 3,

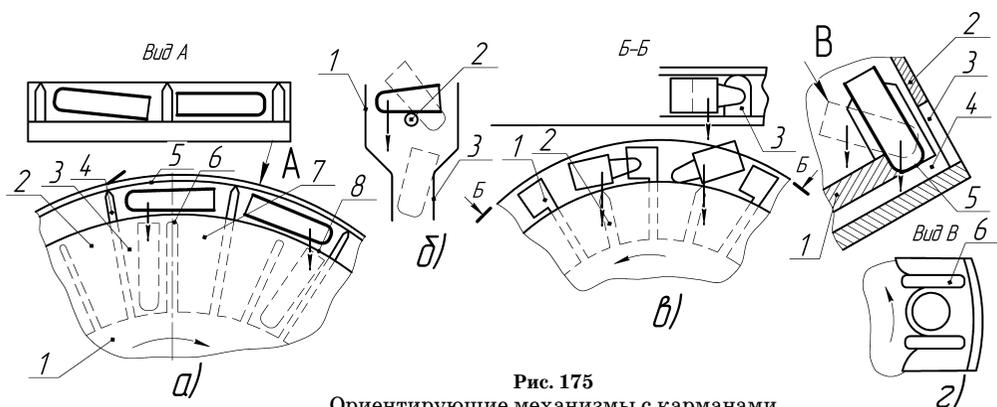


Рис. 175  
Ориентирующие механизмы с карманами

ка 175б) производится внутри бункера. Механизм ориентирования (рис. 175а) представляет собой диск 1, внутри которого выполнены карманы, разделенные перегородками 6, которые образуют два пространства: правое 7 и левое 3. Стенки 4 кармана выходят за контур верхнего диска 2 и с внутренней поверхностью стенки 5 бункера образуют щель, по размерам несколько большую заготовки. Диск с бункером установлены под углом.

При вращении диска в нижней зоне бункера заготовки западают в щель 8 и транспортируются вверх, в зону ориентирования. Подойдя к вырезу, выполненному в стенке бункера, заготовки свободно разворачиваются на ножевой опоре, т. е. на заострении перегородки 6, вследствие смещения центра тяжести заготовок относительно опоры и падают в левую 3 или в правую 7 зону кармана. При дальнейшей транспортировке сориентированные заготовки выпадают в окно, сделанное в дне бункера, и поступают в лоток. В лотке заготовки располагаются по длине в горизонтальной плоскости, что позволяет делать короткие лотки и таким образом снижать высоту установки бункерно-ориентирующего устройства относительно пола. Максимальная производительность при 60 карманах 220 шт./мин.

Однопозиционный механизм, предназначенный для подачи колпачков со смещенным центром тяжести относительно середины, показан на рисунке 175б. Его устанавливают вне бункера. Заготовки, предварительно сориентированные прямоугольными вырезами диска (доньшком влево или вправо), поступают в механизм ориентирования 1. На опоре 2 они под действием момента, образованного силой тяжести и плечом (расстоянием от опоры до центра тяжести), опрокидываются всегда доньшком вниз и в таком положении поступают в лоток 3. Этот механизм накапливает заготовки в лотке и выдает их с вертикальным расположением по длине. Максимальная производительность 150 шт./мин.

Для заготовок, имеющих незначительное смещение центра тяжести относительно середины, применяются механизмы ориентирования с карманами, стенки 1 которых делают z-образной формы (рис. 175в). Такая форма стенок позволяет смещаться заготовкам по опоре 2 под козырек 3 тонкими концами и таким образом увеличивать плечи — расстояния между опорами и центром тяжести, что повышает надежность опрокидывания заготовок доньшком вверх. Даль-

нейший процесс ориентирования аналогичен, показанному на рисунке 175а. Максимальная производительность 200 шт./мин.

Для колпачков со смещенным центром тяжести применяют оригинальные зубчатые ориентирующие механизмы (см. рис. 175г). В диске 1, расположенном в наклонном цилиндрическом бункере 2, выполнены вырезы с радиусными закруглениями. По бокам этих вырезов сделаны высокие зубцы 6, препятствующие опрокидыванию заготовок в боковом направлении. В нижней зоне бункера заготовки западают в вырезы (между зубцами) доньшками вниз или вверх. Те заготовки, которые запали в вырезы доньшком вниз, занимают устойчивое положение даже при прохождении их над полусферой 4, а запавшие доньшком вверх занимают неустойчивое положение, опрокидываются на кромке радиусного выреза 4, 6 и падают в бункер. Устойчивость заготовок, расположенных в вырезах доньшком вверх, еще сильнее нарушается, если они находят на полусферу. Для свободного разворота заготовок при выпадении из вырезов диска в стенке бункера сделано продолговатое окно 3. При последующем движении, когда заготовки сориентированы, они передаются в приемное окно, выполненное в дне бункера 5, и далее поступают в лоток. Этот механизм ориентирования отличается безударностью работы и высокой производительностью: при 70 вырезах на диске он обеспечивает подачу 220 шт./мин ориентированных заготовок.

Механизм для ориентирования конусных-тонкостенных гильз с дульцами ( $l > 6d$ ), имеющих смещение центра тяжести к доньшку, показан на рисунке 176. Здесь ориентирование гильз производится в два приема: предварительное — лопастями 2, установленными на вращающемся диске 3, которые захватывают гильзы 5 в нижней зоне бункера 1, укладывают их вдоль лопасти дульцами вперед или назад и в таком положении передают на подвижный ремень 4;

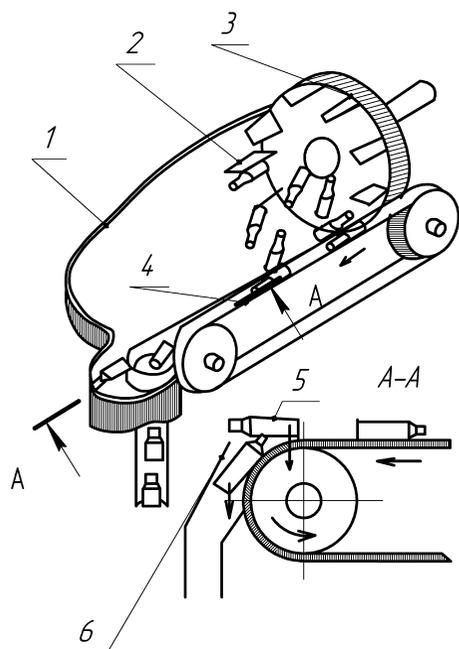


Рис. 176

Лопастной механизм ориентирования с подвижным ремнем

вторичное — производится вне бункера изгибом ремня (шкивом) или трубкой 6.

Если гильза транспортируется головкой вперед, то, попав на шкив, она успевает повернуться на нем, не дойдя до трубчатого лотка, и попадает в него доньшком вниз. В том случае, когда гильза транспортируется дульцем вперед, она не успевает повернуться на шкиве до подхода к отверстию трубчатого лотка, так как центр тяжести смещен в сторону доньшка, и проходит мимо отверстия трубчатого лотка, сохраняя горизонтальное положение. Последующим движением ремня гильзы сталкиваются в бункер. Производительность механизма ориентирования, показанного на рисунке 176, при 8–16 лопастях 80–100 шт./мин.

**Механизм ориентирования трубкой.** Эти механизмы применяют для ориентирования цилиндрических и конических роликов, колпачков и других заготовок. Ориентирующей трубке сообщают вращательное или поступательное движение, вследствие чего происходит разрушение сводов и западание заготовок в трубку. На рисунке 177а приведен механизм ориентирования с вращающейся трубкой 2 и пластинчатым ворошителем 1. Более подробная конструкция приемной трубки с пластинчатым ворошителем приведена на рисунке 177в. Другой вариант конструкции ворошителя в виде цилиндрического штифта 1, ввинченного в стенку трубки 2, показан на рисунке 177г. Такая конструкция обеспечивает более интенсивное ворошение заготовок и западание их в трубку. Максимальная производительность механизмов с вращающейся трубкой 80 шт./мин.

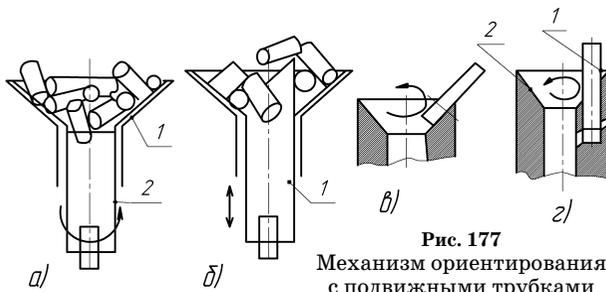


Рис. 177  
Механизм ориентирования с подвижными трубками

Механизм ориентирования с возвратно-поступательной трубкой 1 показан на рисунке 177б. Для лучшего западания заготовок в трубку ее конец срезан под углом, что позволяет западать заготовкам не только сверху, но и сбоку (в наклонный срез). Недостаток этого механизма состоит в том, что при большом числе ходов (80 дв. ход/мин.) конец ориентирующей трубки ударяет о заготовки, что может вызвать их повреждение.

Наиболее надежным и производительным является механизм ориентирования с разрезной трубкой (рис. 178). Полутрубки 1 и 2 (рис. 178а) совершают возвратно — поступательное движение в противоположных направлениях, вследствие чего заготовки западают в отверстие, образованное полутрубками, и перемещаются вниз, к позиции выдачи. Возвратно-поступательное движение полутрубок осуществляется кулачковыми механизмами 3 и 4. Вверх — кулачками, а вниз — под действием собственного веса.

Механизм для ориентирования тонких кругов, шайб и т. п. показан на рисунке 178б. Поштучная выборка и передача заготовок в вибрирующую трубку (лоток) 1 производится дисковым бункерно-ориентирующим устройством 2. Вибрирующая трубка способствует лучшему развороту и укладке шайб в ориентированном положении. Максимальная производительность 60 шт./мин.

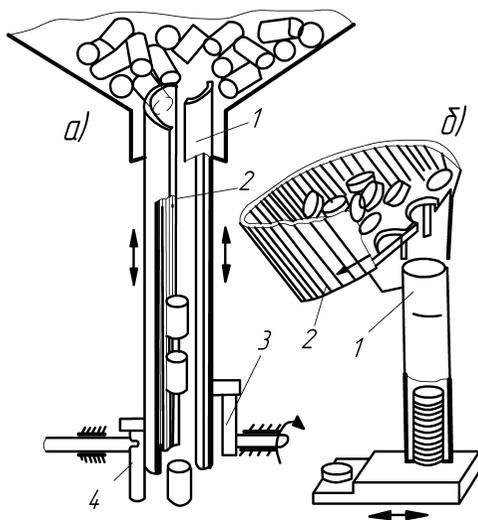


Рис. 178  
Механизмы ориентирования с размерной и вибрирующей подвижными трубками

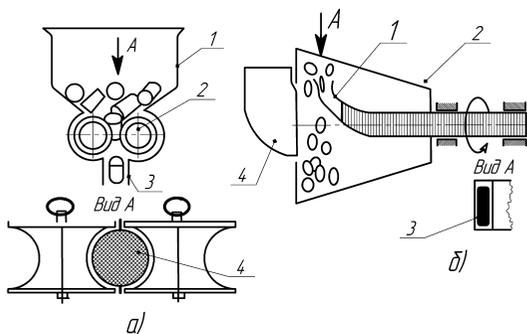


Рис. 179

Механизмы ориентирования цилиндрических заготовок:

*a* — для легких пробок; *б* — для монет.

и поступают в лоток 3. Так как ролики вращаются в направлении верха бункера, то пробки интенсивно отбрасываются вверх и плохо западают в ориентирующее отверстие. Опыт эксплуатации таких механизмов в разливочно-укупорочных линиях показал недостаточную надежность их работы и малую производительность (20 шт./мин).

Механизм ориентирования монет показан на рисунке 179б. Ориентирование происходит западанием монет в изогнутую трубку 1 в процессе совместного вращения конического бункера 2. Приемная часть трубки сплющена и образует щель 3 по размерам несколько больше монеты. Западание монет в трубку происходит в верхней зоне.

Запавшие монеты скользят вправо, чему способствует изгиб трубки. Коническая форма бункера обеспечивает соскальзывание монет в левую зону, затем они поднимаются бункером вверх, где западают в трубку со сплюсненным концом. Загрузка заготовок в конический бункер производится с помощью предбункера 4.

**Механизмы вторичного ориентирования (прочие).** Эти механизмы применяют в тех случаях, когда бункерное устройство не полностью ориентирует заготовки: например, трубчатое загрузочное устройство укладывает и передает лоток цилиндрические колпачки доньшком вниз или вверх. Таким образом, требуется доориентирование, при котором все колпачки должны располагаться доньшком в одну сторону. Это выполняют механизмы вторичного ориентирования. Ниже рассмотрены механизмы вторичного ориентирования, которые выполнены вне бункера загрузочного устройства и встроены в лоток (рис. 180).

Механизм, предназначенный для вторичного ориентирования конических роликов, показан на рисунке 180а. Из бункерного устройства конические ролики подаются в лоток 2, большим или меньшим основанием вниз. Из лотка ролики поступают на направляющую 7, имеющую паз 8, в конце которого делается перегородка 3. Если ролик падает на направляющую большим основанием 6, то он перекрывает паз, и при движении толкателя 1 перемещается по верхней плоскости направляющей и сталкивается в таком положении в лоток 4. Если ролик падает из лотка на направляющую меньшим основанием 5, то он опускается в паз и при движении толкателя перемещается к перегородке 3,

Ориентирование цилиндрических заготовок и монет производится с помощью механизма, приведенного на рисунке 179. Механизм, показанный на рисунке 179а, применяют для ориентирования цилиндрических заготовок из легких материалов, например пробок. Ориентирование производится двумя фасонными вращающимися роликами 2, образующими отверстие. Ролики, расположенные в низу бункера 1, при вращении ворошат пробки 4, вследствие чего они западают в отверстие между роликами

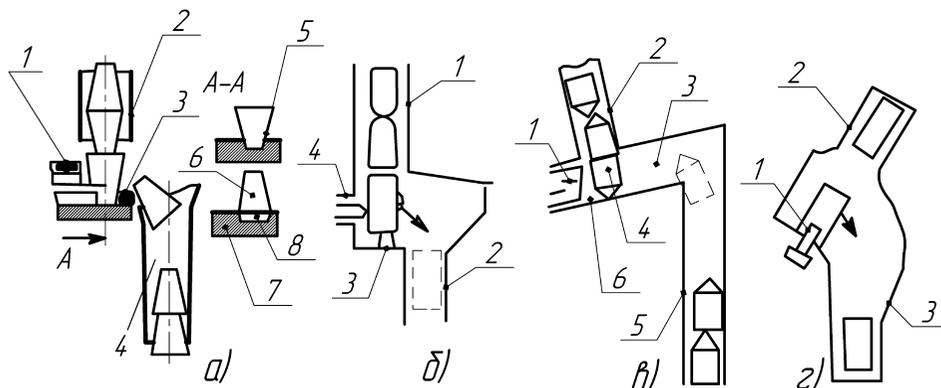


Рис. 180  
Механизмы вторичного ориентирования

упирается в нее, поворачивается большим основанием вниз и в таком положении падает в лоток. Таким образом, все конические ролики будут располагаться в лотке 4 большим основанием вниз.

Механизм вторичного ориентирования колпачков с доньшками показан на рисунке 180б. Из бункерного устройства колпачки поступают в лоток 1 доньшками вверх или вниз. Если колпачки поступают доньшком вверх, то они надеваются на штырь 3, и при движении толкателя 4 будут опрокидываться доньшком вниз и в таком положении поступать в лоток 2. В том случае, когда колпачки из лотка поступают к штырю доньшком вниз, то при движении толкателя они будут сталкиваться в лоток доньшком вниз. Таким образом, все заготовки будут расположены в лотке 2 доньшками вниз.

Механизм вторичного ориентирования для цилиндров с конусным заострением приведен на рисунке 180в. Из бункерного устройства цилиндры поступают в лоток 2 заострением вниз или вверх. Из лотка цилиндры поступают в канал 3, сечение которого выполнено прямоугольным, несколько большим по размерам диаметра и длины цилиндра. При движении шибера 1 скос 6 подойдет к цилиндру и опрокинет его так, что он будет повернут заострением к скосу. В таком положении он транспортируется к изгибу, поворачивается на нем цилиндрической частью вниз и поступает в лоток 5. Если цилиндр 4 поступает цилиндрической частью вниз, то он занимает устойчивое положение независимо от скоса и в таком положении транспортируется в лоток. Следовательно, все цилиндры в лотке 5 будут располагаться цилиндрической частью вниз.

Механизм вторичного ориентирования для цилиндрических колпачков показан на рисунке 180г. Колпачки по одной штуке падают из лотка 2 на винт 1. Если колпачки повернуты отверстием вниз, то они надеваются на винт, а затем опрокидываются и падают в лоток 3 доньшком вниз. Если колпачок падает на винт доньшком, то он отскакивает вверх, а затем падает в лоток 3, сохраняя прежнее положение, т. е. доньшком вниз. Таким образом, все колпачки, поступившие в лоток 3, будут сориентированы доньшком вниз.

В качестве механизмов вторичного ориентирования часто применяют спиральные лотки, которые разворачивают заготовки в требуемое положение. На рисунке 181а показан механизм вторичного ориентирования внутренних колец

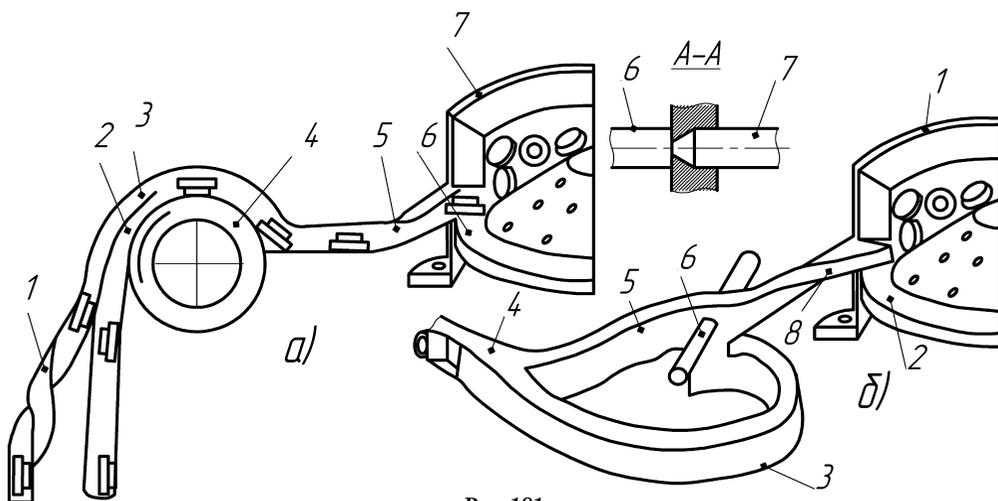


Рис. 181  
Лотковые механизмы вторичного ориентирования

конусно-роликовых подшипников. Из бункерного устройства 7 кольца захватываются диском 6 (силой трения) и подаются в лоток 5 с кольцевым сечением канала. Подойдя к барабану, кольца находят на него и переносятся им к лоткам 2 и 3. Если кольца находятся большим диаметром на барабане 4, то они попадают в нижний лоток 2, а если меньшим, то в верхний лоток 3. Верхний лоток имеет спиральный участок 1, который разворачивает кольцо на  $180^\circ$ , т. е. в такое положение, в каком находятся кольца в нижнем лотке.

Механизм лоткового типа для вторичного ориентирования наружных колец конусно-роликовых подшипников показан на рисунке 181б. Предварительно ориентированные кольца (вправо или влево коническим отверстием) с большим диаметром подаются из бункерного устройства 1 диском 2 в лоток 8 и поступают в позицию вторичного ориентирования (под щупы 6 и 7). Если кольцо повернуто конусным отверстием большего диаметра вправо, то щуп 7 заходит в него, включается электромагнит и открывается канал лотка 5, по которому кольцо будет перемещаться в сводный лоток 4. Если кольцо повернуто влево, то в коническое отверстие войдет щуп 6, включит электромагнит и откроет нижнюю перегородку, разделяющую верхний и нижний лотки. При выводе щупа 6 из отверстия кольца оно упадет в нижний полукруглый лоток 3 и, катаясь в нем, повернется на  $180^\circ$ . Далее кольцо поступит в сводный лоток конусным отверстием большего диаметра вправо, т. е. в таком положении, в котором кольца поступают из верхнего лотка в сводный лоток. Эти способы вторичного ориентирования применяют на первом ГПЗ в автоматическом цехе производства подшипников для подачи наружных и внутренних колец конусно-роликовых подшипников.

Механизм вторичного ориентирования для корпусов карданных подшипников показан на рисунке 182. Заготовки, загруженные в бункер 1, захватывают цепь 2 и транспортируют в лотке 3 вверх, где они передаются в лоток 4. Часть дна лотка (до разветвления) имеет форму тупого угла 5, вершина которого расположена посередине дна. Заготовки, катаясь по такому дну, наклоняются влево 5 или вправо 8 в зависимости от того, в какую сторону дном они поданы в лоток 4.

Лоток 4 имеет разветвление: одна ветвь прямолинейная 6, а другая 7 изогнута на 180° по форме спирали. Как в прямолинейном, так и в спиральном лотках дно плоское.

Если заготовка падает в лоток доньшком влево (сечение А-А), то при дальнейшем движении влево она соприкасается с лотком, попадает в его прямоугольную часть и при выходе сохраняет свое прежнее положение. Если заготовка попадает в лоток доньшком вправо, то она катится, соприкасаясь с правой стороной лотка, попадает в спиральную ветвь, проходит ее, разворачивается на 180° и поступает в выходную часть лотка 4 доньшком влево. Таким образом, все заготовки, пройдя разветвленные лотка, будут одинаково ориентированы. Производительность такого механизма до 60 шт./мин. Механизм показал большую надежность в работе.

Механизмы вторичного ориентирования выполняют и в виде поворотных барабанов с карманами (рис. 183). На рисунке 183а показан механизм барабанного типа для вторичного ориентирования гаек с фаской на одной стороне. Предварительно ориентированные гайки (фаской вперед 3 или назад 2) поступают из бункерного устройства в лоток 4. Из лотка нижняя гайка западает в карман 5 барабана 6. При повороте барабана на 90° она перенесется к спиральному лотку 8 и наложится на отверстие спирального лотка, имеющего профиль гайки и расположенного вперед закруглениями 9. Если гайка западет в карман фаской вперед, то она опустится в лоток и при движении в нем повернется на 180°, затем выпадет в нижний лоток 1. Если гайка западет в карман фаской назад, то она задержится закруглениями отверстия 9 и не западет в спиральный лоток. При дальнейшем повороте барабана на 180° гайка выпадет из кармана в нижний лоток, сохраняя прежнее положение 2, т. е. фаской вперед. Для предотвращения выпадения гаек из карманов при повороте барабана предусмотрен щиток 7.

Механизм барабанного типа для вторичного ориентирования низких колпачков с плоским доньшком показан на рисунке 183б. Бункерным устрой-

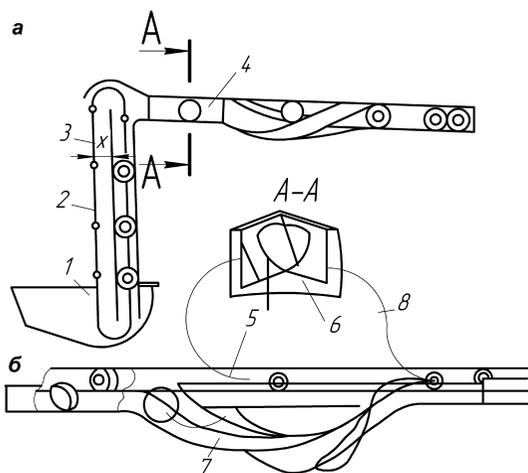


Рис. 182

Лотковый механизм вторичного ориентирования для корпусов карданных подшипников:

а — прямой ход детали; б — поворот детали.

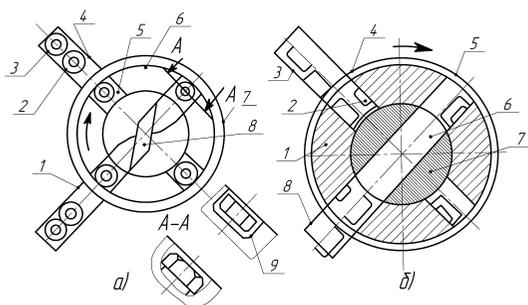


Рис. 183

Механизм вторичного ориентирования с барабаном:

а — для гаек; б — для колпачков.

ством колпачки предварительно ориентируются либо доньшком вниз, либо вверх и подаются в лоток 3. Если колпачок запал в карман 4 доньшком вниз, то при повороте барабана 1 на  $90^\circ$  он надевается на штифт 2 и не спадает в паз 6, выполненный в оси 7. При дальнейшем повороте барабана на  $180^\circ$  колпачок спадает со штифта и перемещается в нижний лоток 8, повернутый доньшком вниз. Если колпачок западает в карман доньшком вверх, то при повороте он не наденется на штифт и при совмещении кармана с пазом 6, имеющим прямоугольный профиль, западет в него и переместится в нижний лоток доньшком вниз. Таким образом, все колпачки в нижнем лотке 5 будут находиться доньшком вниз.

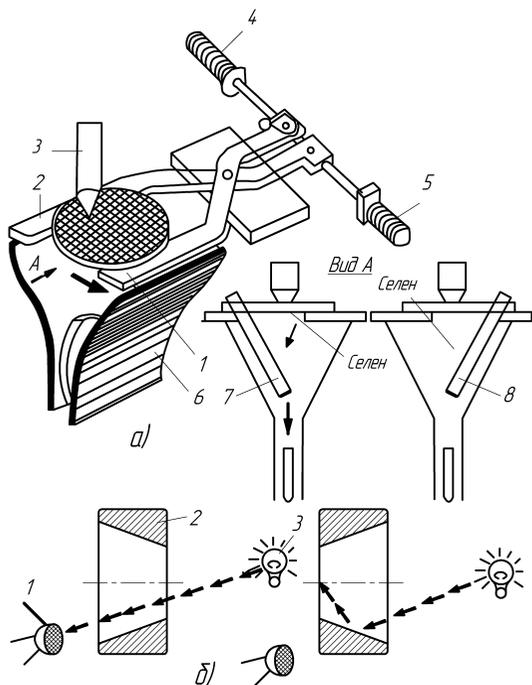


Рис. 184

Механизм вторичного ориентирования:

а — для шайб; б — для колец.

Механизм вторичного ориентирования на основе различной электрической проводимости деталей приведен на рисунке 184. Вторичное ориентирование шайб диаметром 18–25 мм и толщиной 0,3–0,5 мм, покрытых селеновым слоем с одной стороны, показано на рисунке 184а. Для ориентирования использовано различие электрической проводимости непокрытой и покрытой селеном сторон. Из трубчатого магазина шайбы поступают на вилку вверх или вниз селеновым покрытием. Если шайба подана покрытием вверх, то электрощуп 3 включит электромагнит 5 и полувилка 2 повернется влево — тогда шайба, падая, развернется левым краем 8 вниз, расположится селеновым покрытием влево и упадет в лоток 6. Если шайба будет подана селеновым покрытием вниз, то электрощуп включит электромагнит 4 и отведет полувилку 1 вправо — тогда шайба, падая, развернется правым

краем вниз 7, расположится селеновым покрытием также влево и упадет в лоток 6. Производительность такого механизма 60 шт./мин.

Для ориентирования заготовок применяются и фотоэлементы (рис. 184б), например для ориентирования колец 2 конусных роликовых подшипников. Импульс на срабатывание механизма вторичного ориентирования производит фотоэлементом 1, реагирующим на луч света, поступающего от лампы 3.

В ряде случаев требуется разделение заготовок, поступающих из бункерно-ориентирующего устройства, на два и более потока.

Эта проблема решается путем введения разделителей в механизм вторичного ориентирования, выдачи ориентированных заготовок из бункера

в несколько лотков, спаренных бункерно-ориентирующих устройств. Механизм вторичного ориентирования с разделителем потока показан на рисунке 185. Из бункерного устройства предварительно ориентированные заготовки поступают в канал 6 ориентатора, на внутренней поверхности которого сделана канавка 5, по форме заострения. Если заготовка перемещается заостренной частью вниз, то она входит носиком в канавку (рис. 185а), скользит в ней и, дойдя до нижней стенки этой канавки, опрокидывается и летит цилиндрической частью вниз, попадая в левый канал 3, образованный стенкой 4 и разделителем 7. При ударе заготовки о плечо 2 разделитель отклоняется влево, открывает нижний левый лоток 7, в который и поступают заготовки, расположенные заострением вверх. В том случае, когда заготовка поступает в канал ориентатора 6 цилиндрической частью вниз, торцовая плоскость заготовки перекрывает канавку (рис. 185б) и скользит по стенке канала, сохраняя прежнее положение (т. е. не опрокидывается). При дальнейшем движении заготовки, если разделитель отклонен влево, она попадает в правый канал 8, образованный стенкой 10 и разделителем, ударяется о правое плечо 9, в результате чего разделитель отклоняется вправо, открывая нижний правый канал II, и заготовка поступает в него. Все заготовки будут располагаться в лотке 11 заострением вверх, т. е. так же, как и в канале 1.

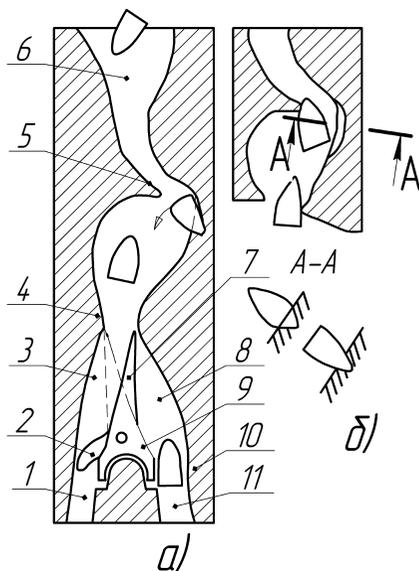


Рис. 185  
Механизм вторичного ориентирования с разделителем потока

Механизм деления потока заготовок, смонтированный в зубчатом бункерно-ориентирующем устройстве, показан на рисунке 186. Он представляет собой кронштейн 4 с заталкивающими ползунами 2, установленный под зубчатым диском на дне бункера. В кронштейне, против ползунов, имеются четыре паза 3, в конце которых сделаны сквозные отверстия 6. Снизу к этим отверстиям присоединены лотки 7. Пружины 8 постоянно поджимают ползуны к пазам.

При вращении зубчатого диска 1 заготовки, запавшие в вырезы 5 (между зубцами), подводятся к скосу ползуна 2, отжимают его и заполняют первый паз, затем второй, третий и четвертый. По мере выборки заготовок с лотков пазы будут пополняться заготовками.

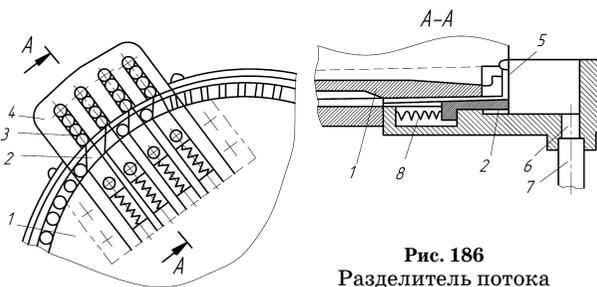


Рис. 186  
Разделитель потока

ми. Следует иметь в виду, что при делении потока заготовок на четыре потока указанным выше способом не обеспечивается равномерность деления. Наиболее надежно заполняются первый и второй лотки, а четвертый и третий заполняются не всегда. Поэтому этот способ деления потока заготовок следует применять в том случае, когда основной поток следует делить на два потока.

Подача заготовок в два потока может производиться путем спаривания двух бункерно-ориентирующих устройств. В этом случае сокращается один привод, сохраняется производительность каждого устройства, что существенно влияет на экономичность применения таких конструкций. На рисунке 187 показана конструкция спаренного крючкового бункерно-ориентирующего устройства. Из предбункера 1 заготовки (цилиндрические колпачки)

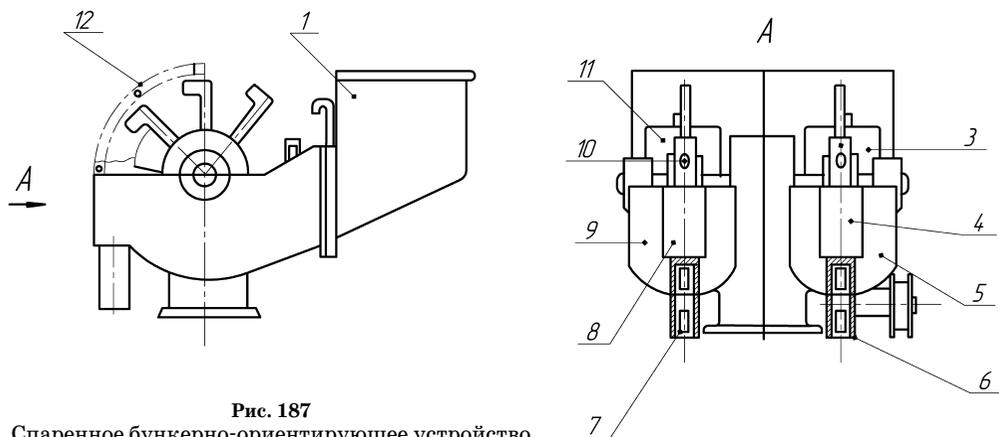


Рис. 187

Спаренное бункерно-ориентирующее устройство

перемещаются как в правый бункер 5, так и в левый 9. В процессе этого движения происходит деление заготовок на два потока (в левый и правый бункеры).

Вращающиеся крючковые диски 2 и 10 захватывают и переносят заготовки к приемникам 4 и 8, где они спадают с крючков и поступают в них, а затем в лотки 6 и 7. Щиток 12 предохраняет заготовки от выпадения в сторону и направляет их в лотки. Потоки заготовок, поступающие в бункеры из предбункера, регулируются заслонками 3 и 11.

Произведенная классификация и анализ механизмов ориентирования вместе с конструктивными схемами и техническими характеристиками могут служить исходной базой при выборе и разработке конструкций бункерно-ориентирующих устройств.

## 10.4. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТООПЕРАТОРОВ

Классификация автооператоров может быть проведена по характеру рабочих движений (возвратно-поступательное, качающееся, сложное), количеству ходов питателя (одноходовые и двухходовые), типа привода (механический, гидравлический) и т. д.

Все эти классификации имеют в основе кинематические и конструктивные особенности, но не отражают факторов, определяющих надежность работы автооператоров. Как показали исследования, такими факторами являются:

а) технологические условия обработки на станках, оснащенных автооператорами (размеры, точность и геометрические формы заготовки; характер обработки, количество и вид стружки, компоновки станка и т. д.);

б) требования к скорости срабатывания оператора.

Различие этих условий не позволяет находить единые решения, пригодные для всех случаев практики. Так, для одношпиндельных автоматов решающее значение имеет быстрота срабатывания автооператоров, в то время как для многошпиндельных этот показатель решающего значения не имеет, поскольку время загрузки и выгрузки обрабатываемых деталей совмещается с обработкой.

Продолжительность цикла автооператоров многошпиндельных автоматов обычно составляет в среднем от 15 до 20 секунд. Для одношпиндельных автоматов такие конструкции автооператоров непригодны из-за того, что время срабатывания значительно выше времени ручной загрузки, а это приводит к снижению производительности.

Не может быть и единого решения для токарных станков, производящих черновую обработку стальных заготовок и шлифовальных станков. Из сказанного следует, что задачи создания автооператоров для различных групп металлорежущих станков имеют различную степень трудности.

Наиболее сложны в конструировании автооператоры для станков черновой обработки. Для таких станков характерны грубые, неправильной формы заготовки, а это приводит к перекосу, застреванию, спаданию последних. Одновременная обработка в нескольких позициях на многооперационных шпиндельных автоматах приводит к образованию большого количества стружки, что вынуждает выносить автооператор из зоны обработки и останавливать его на верхних позициях. Автооператор должен быть двухходовым, так как сбрасывать детали в лоток непосредственно возле шпинделя невозможно. Отсюда громоздкость конструкции, сложный цикл работы автооператора.

В отделочных токарных, сверлильных автоматах стружки меньше, заготовки имеют более точную форму и размеры, а это позволяет создавать более простые и надежные конструкции автооператоров.

Большим преимуществом в этом отношении обладают шлифовальные станки. Небольшое количество стружки в зоне обработки дает возможность располагать автооператор рядом со шпинделем. А это дает возможность при малых ходах механизмов загрузки производить быструю замену заготовок. Конструкция автооператора упрощается, а надежность его увеличивается.

С точки зрения условий работы, требований к надежности и скорости срабатывания все операторы в дальнейшем разделены на 6 групп:

- 1 — к многошпиндельным станкам предварительной обработки;
- 2 — к одношпиндельным станкам предварительной обработки;
- 3 — к многошпиндельным станкам промежуточной обработки;
- 4 — к одношпиндельным станкам промежуточной обработки;
- 5 — к многошпиндельным станкам окончательной обработки;
- 6 — к одношпиндельным станкам окончательной обработки.



## 10.5. ЗАГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Основная роль загрузочных устройств при использовании их в робототехнических комплексах (РТК) заключается в подаче заготовок и деталей в ориентированном положении под схват промышленного робота.

В РТК нашли применение самые разнообразные конструкции загрузочных устройств, которые могут быть разделены на три основных класса: магазинные загрузочные устройства, бункерные и вибрационные. Магазинные загрузочные устройства включают комплекс функциональных механизмов, осуществляющих накопление и выдачу заготовок и деталей на исходную позицию под схват промышленного робота. Для накопления и выдачи объемных заготовок и деталей типа тел вращения (гладких цилиндров, стержней, ступенчатых валиков, конических роликов и т. п.) чаще всего применяются лотковые магазинные загрузочные устройства. Перемещение в таких загрузочных устройствах осуществляется под действием сил тяжести самих заготовок и деталей. В зависимости от конфигурации лотка магазинные устройства можно подразделить на прямолинейные, изогнутые, спиральные и змейковые и т. д.

После захвата заготовки или детали промышленным роботом все последующие под действием силы тяжести подвигаются на шаг и очередная из них занимает положение на исходной позиции.

В общем виде загрузочно-разгрузочные устройства включают емкость для накопления заготовок в виде бункера или магазина, захватно-ориентирующий механизм, руку с захватным устройством, кантователь, ворошитель (при необходимости), отсекающий, приводной и передающий механизмы.

*Бункер* предназначен для накопления заготовок в неориентированном положении (навалом).

*Магазин* служит для накопления заготовок в ориентированном положении. Во многих случаях функцию магазина выполняет прямой или спиральный наклонный лоток.

*Захватно-ориентирующий механизм* осуществляет захват заготовки из бункера, ее ориентацию и подачу в станок. При использовании в загрузочном устройстве магазина захватно-ориентирующий механизм отсутствует. В этом случае заготовки поступают к станку по лотку или с помощью промежуточного механизма.

*Рука* — механизм, служащий для подачи заготовки (заготовок) из бункера или магазина в зажимное приспособление (приспособления) станка, снятия обработанной детали (деталей) и передачи в отдающее устройство.

*Кантователь* — механизм для поворота заготовки в процессе транспортирования, при обработке ее на станке.

*Отсекающий* — механизм для поштучного отделения заготовок (деталей) от общего потока.

На рисунке 188 показаны типовые механизмы загрузочных устройств. В бункере, представленном на рисунке 188а, захват заготовок 1, уложенных навалом в чаше 2 и подача их в лоток 5 (в ориентированном положении) осуществляется вращающимся конусным дном 3 с шипами 4. В бункерах, приведенных на рисунке 188б, в, захват заготовок 1 из чаши 2 и выдача в лоток 5 производится посредством замкнутой ленты 7 с выступающими стержнями 6 или диском 8

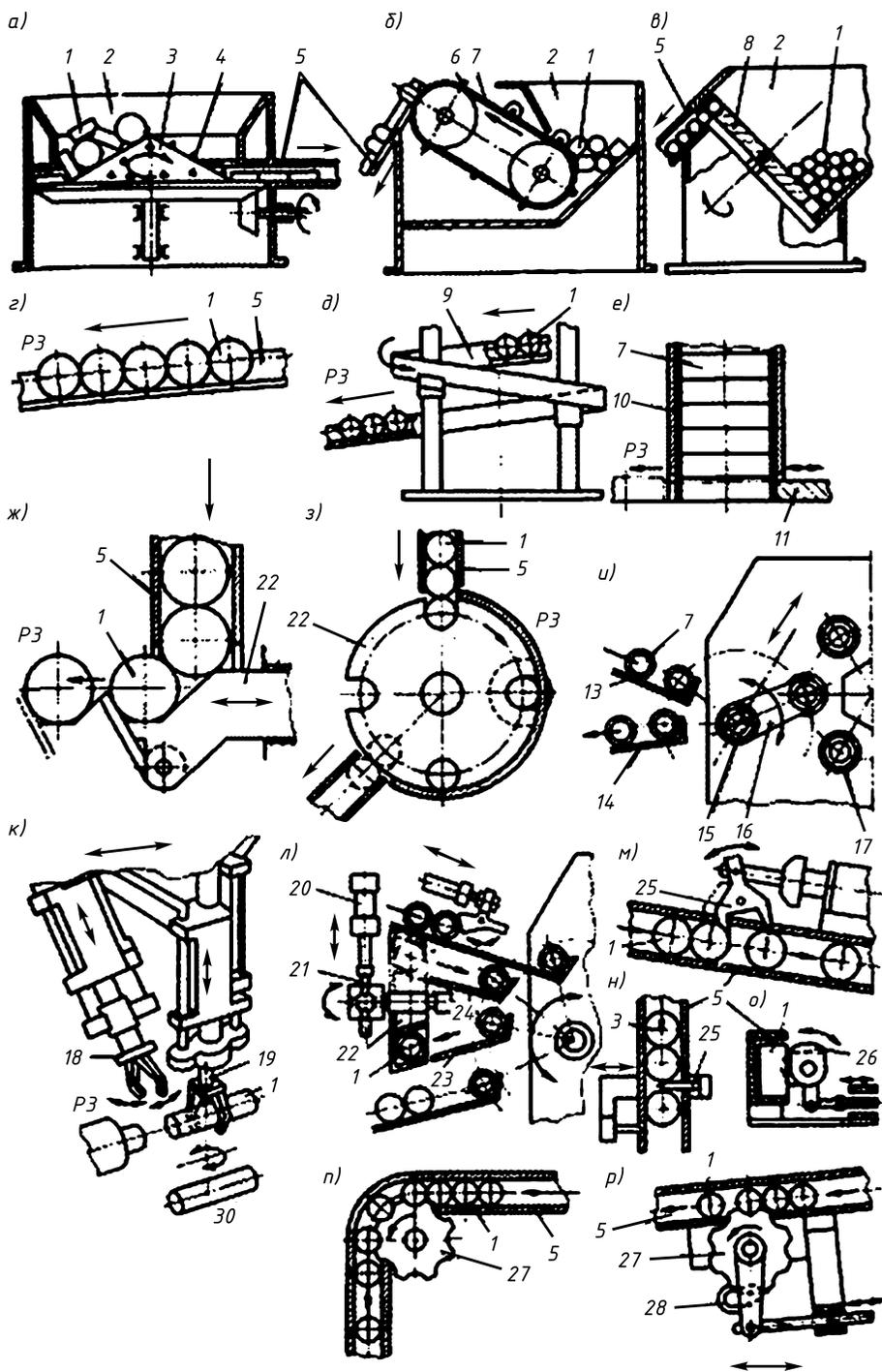


Рис. 188  
Типовые механизмы загрузочных устройств

с отверстиями, куда падают заготовки 1. Накопление заготовок 1 в ориентированном положении (стопкой) в магазине (см. рис. 188е) происходит в кассете 10, а выдача в рабочую зону РЗ — шибберным питателем 11. Накопление и перемещение заготовок 1 в РЗ в прямом 5 (рис. 188г) и спиральном 9 (рис. 188д) наклонных лотках происходят самотеком. Передача заготовок 1 из лотка 5 в РЗ осуществляется шибберным 11 (рис. 188ж) или дисковым 12 (рис. 188з) питателями. Передача заготовок из подводящего лотка 13 (рис. 188и) к патронам 17 станка и обратно к лотку 14 осуществляется рукой с захватным устройством 16, совершающей возвратно-качательное движение в сочетании с возвратно-поступательным движением вдоль оси 15. Для передачи заготовок 1 из загрузочной позиции ЗП в РЗ и выгрузки обработанных деталей (рис. 188к) служит рука с двумя захватными устройствами 18 и 19. Такие загрузочные устройства применяются в порталных автооператорах. Перемещение заготовки 1 из лотка 23 в лоток 24 выполняется кантователем в виде поворотной руки 22 (рис. 188л) с приемником для закатывания (выкатывания) заготовки, совершающей возвратно-качательное движение от гидроцилиндра 20 через реечную передачу 21. В анкерных (рис. 188м, н) и кулачковых (рис. 188о) отсекателях работа заключается в поочередном действии двух штифтов 25 (или кулачков 26), из которых один выпускает очередную заготовку 1, выкатывающуюся из лотка 5, а другой — задерживает все остальные. Дисковые отсекатели (рис. 188н, п) представляют собой диски 27 с выемками для заготовок 1. При повороте диска на некоторый угол он захватывает заготовку и подает ее в лоток 5, одновременно удерживая остальные. Вращение диска может быть непрерывным (рис. 188н) или периодическим (рис. 188п) при помощи храпового механизма 28.

## 10.6. ЛОТКОВЫЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Лотковые загрузочные устройства могут применяться для объемных деталей, небольших корпусных деталей, кронштейнов, качалок и т. д. с плоской нижней поверхностью (рис. 189). В этом случае лоток может быть изготовлен в виде рольганга. Длина лотка рассчитывается исходя из заданной производительности РТК, т. е. необходимого количества заготовок и деталей при разовой загрузке, и геометрических размеров этих заготовок и деталей.

Лотки разделяют на жесткие прямые, сваренные из полос 8, 9 (рис. 189б), гибкие прямые (рис. 189ж, и) и изогнутые (рис. 189а, е, з), открытые (рис. 189б, в, ж, и) и закрытые (рис. 189а, е, з). Опорной наклонной плоскостью для деталей в лотках может быть полоса 6 (рис. 189а, б, ж), стенка 20 (рис. 189е, з), прутки 16 (рис. 189в), шарикоподшипники 24 или ролики 22 (рис. 189е). При перемещении деталей в лотках часто производится кантование (поворот) детали 3 (рис. 189е, з).

Угол наклона может быть рассчитан по формулам, приведенным ниже (для лотковых конвейеров), в зависимости от принятой предельной скорости самотечного перемещения деталей. При качении на наружной поверхности круглых деталей (колец, дисков и пр.) в лотках с опорными полосами угол наклона лотков составляет 10–15° (рис. 189а, б, ж); при скольжении клапанов 17 и других деталей (поршней, гильз) на торце в лотках с опорными полосами, прутками угол наклона увеличивается до 25–30° (рис. 189в).

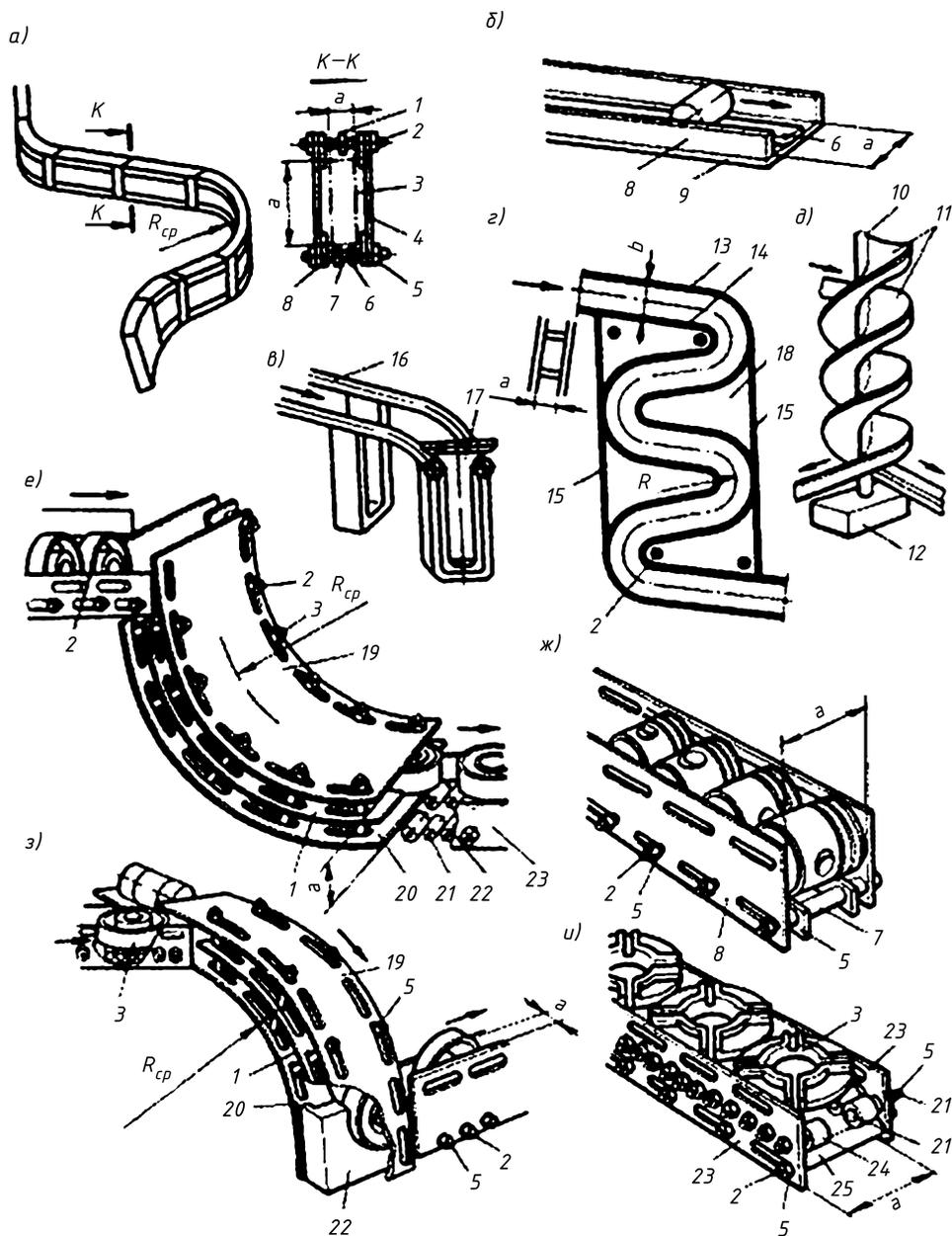


Рис. 189  
Лотковые загрузочные устройства

В спиральной части гибких лотков угол наклона обычно увеличивается на 20–30%. Лотки собирают из унифицированных деталей. Особенностью гибких лотков является возможность подгонки их (в том числе и радиуса  $R_{cp}$  изгиба лотка) по месту в зависимости от местоположения оборудования в пределах

$\pm 5-10$  мм, что упрощает монтаж. Гибкий лоток изготавливается из стальной ленты, поставляемой в бунтах. В ленте заранее (с одной или с двух сторон) выштампованы прорезы для прохода соединительных шпилек 2. В лотках (см. рис. 189а, ж) полоса 6 соединяется с боковыми стенками 4, 8 с помощью промежуточных втулок 7, шпилек 2 с гайками 5 и предохранительными шайбами. Для предотвращения выпадения деталей из лотков сверху предусматривается предохранительная полоса 1 (рис. 189а) или стенка 19 (рис. 189е, з). Ролики 22 (рис. 189е) или шарикоподшипники 24 (рис. 189и) укрепляют на боковые стенки 23 на осях 21 с помощью гаек 5. Боковые стенки этих лотков соединяют между собой посредством длинных втулок 25, через которые проходят шпильки 2. После сборки на шпильки навинчивают гайки 5.

Радиус  $R_{ср}$  изгиба лотка (рис. 189а, е, з) обычно устанавливают в пределах трех-пяти диаметров транспортируемой детали 3. Зигзагообразные спуски (рис. 189г) собирают из опорных полос 13, 14, приваренных к наружным стенкам 15 и соединенных с боковыми стенками 18 посредством шпилек 2 с гайками. Винтовые спуски изготавливают одно- и двухзаходными (рис. 189д) из трубы 10, установленной на основании 12, к которой приваривают винтовые спирали 11.

### 10.6.1. БУНКЕРНЫЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Бункерные загрузочные устройства в РТК находят меньшее применение, чем магазинные. Детали в бункер насыпаются навалом без их предварительного ориентирования. С помощью бункерных загрузочных устройств осуществляется автоматическая подача колец, фланцев (рис. 190а), шариков, пальцев и шайб (рис. 190б), роликов (рис. 190в), валиков (рис. 190г). Эти детали имеют простую форму и небольшие габаритные размеры. Бункерное загрузочное устройство включает следующие функциональные механизмы: бункер, механизм захвата и ориентирования, механизм отвода избыточных деталей, лоток для подачи детали на исходную позицию, отсекающий. Бункер должен вмещать такое количество деталей, которое может обеспечить непрерывную работу РТК в течение необходимого времени. Формы бункеров весьма разнообразны. Наиболее распространены ковшеобразные и цилиндрические. Дно и стенки бункера расположены под углом к горизонтальной плоскости, благодаря чему отдельные детали под действием собственного веса и возникающих сил трения движутся в направлении к захватным органам. В процессе этого движения детали, увлекаемые силами трения вращающегося диска, пересыпаются и одновременно перемешиваются, занимая в пространстве положение, благоприятное для захвата их захватными органами.

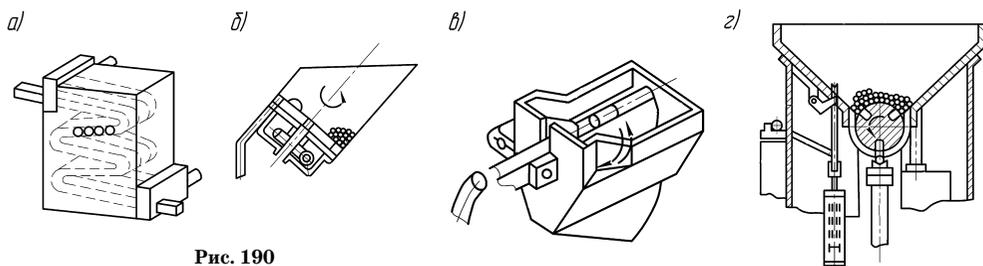


Рис. 190

Автоматические загрузочные устройства

Захватные органы могут выполняться в виде крючков, штырей, стержней, которые применяются для захвата вышеперечисленных деталей.

**Автоматический лотковый магазин для колец, фланцев** (рис. 190а) представляет собой сварной каркас с установленными в несколько рядов наклонными лотками зигзагообразной формы. Перемещение деталей по лоткам производится под действием силы тяжести. Подача деталей в магазин происходит с помощью механизма распределения деталей по лоткам, а выдача — с помощью механизма соединения 6 деталей в один поток, действующих от пневматических цилиндров.

**Автоматический бункер с дисковым захватным устройством для шариков, пальцев, шайб** (рис. 190б) состоит из чаши с открытым верхом, на дне которой на оси размещен диск с карманами по его периферии для захвата детали. Диск приводится в движение от электродвигателя через червячную передачу. В диске укреплен ворошитель для перемешивания деталей. На дне чаши предусмотрено отверстие для прохода детали из кармана диска в трубу выдачи.

**Автоматический бункер с ножевым захватным устройством для роликов** (рис. 190в) имеет чашу с открытым верхом и боковыми наклонными стенками, между которыми располагается плоский нож с призматическим углублением на верхней рабочей части. Нож закреплен на оси и может совершать относительно чаши качательное движение от привода. Против переднего края ножа расположена трубка выдачи деталей. При подъеме ножа в верхнее положение некоторые ролики оказываются в призматическом углублении вдоль ножа, по нему соскальзывают к отверстию сбрасывателя и, пройдя его, поступают в трубку. При неправильном положении на ноже ролик сбрасывателем отбрасывается в чашу.

**Автоматический магазин с барабанным захватным устройством для валиков** (рис. 190г) представляет чашу со скошенными к центру стенками, между которыми размещен барабан с тремя продольными прорезями, выполненными по окружности валика. В левой скошенной стенке чаши предусмотрено отверстие для прохода валика при загрузке его с помощью шибера, действующего от гидравлического цилиндра. Напротив отверстия находится защелка, предотвращающая выпадение деталей из чаши в то время, когда шибер находится в нижнем положении. Барабану сообщается при необходимости (при загрузке деталей) вращение от привода. Загрузка магазина валиками может осуществляться или сверху, в чашу, или с подводящего конвейера через наклонный лоток или шибер. Выдача валиков из магазина на отводящий конвейер происходит при повороте барабана.

## 10.6.2. ВИБРАЦИОННЫЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Вибрационные загрузочные устройства отличаются простотой конструкции, универсальностью, надежностью и экономичностью. В этих устройствах перемещение деталей обеспечивается колебаниями бункера или лотка по определенному закону, а ориентирование — применением специальных контактных и бесконтактных методов и средств. Вибрация позволяет производить выборку заготовок и деталей из бункера без захватных органов; уменьшает силы трения между заготовками, деталями и поверхностями загрузочного устройства. Это способствует более свободному развороту и движению деталей в бункере; предотвращает повреждение поверхности и является в ряде случаев единс-

твенно возможным способом автоматизации загрузки; исключает образование устойчивых сводов и заторов в бункерах. Таким образом повышается маневренность и универсальность загрузочных устройств, что позволяет одним и тем же спиральным лотком подавать различные по размерам и конфигурации детали (шайбы, валики, зубчатые колеса и т. д.).

**Вибрационный бункер для мелких деталей (шайб, колпачков и др.)** (рис. 191) состоит из чаши 8, подвешенной с помощью верхних 2 и нижних 14 башмаков на трех наклонных стержнях 1 к плите 12. Между стержнями на плите смонтирован вибратор 4, состоящий из катушки электромагнита 11 с сердечником 10 и якорем 9, связанный через алюминиевую прокладку 3 с дном чаши. Внутри чаши имеется спиральный лоток 7 (в виде полки), а наверху — приемник 5 выдачи деталей. Бункер на трех пружинах 15 установлен на основании 13, которое опирается на три резиновых амортизатора 1. При включении бункера чаша

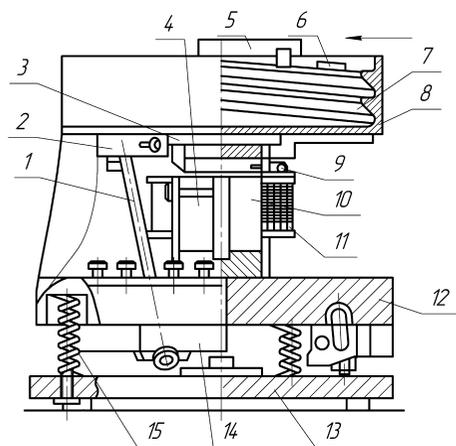


Рис. 191  
Вибрационный бункер

под воздействием вибратора совершает вибрационное (круговое) движение, в результате чего засыпанные в чашу детали 6 начинают перемещаться по спиральному лотку 7 вверх к приемнику выдачи.

По принципу выполнения функций ориентации все существующие методы делятся на пассивные и активные. Пассивные методы ориентации заключаются в том, что при неправильном расположении заготовки или детали она удаляется из общего потока (например, обратно в бункер). На позицию захвата поступают только правильно ориентированные заготовки и детали. При активном методе ориентация осуществляется принудительным приведением последовательно всех заготовок и деталей в требуемое положение.

По характеру воздействия ориентации на заготовки и детали различают контактный и бесконтактный методы ориентации. Контактный метод заключается в том, что заготовкам и деталям требуемое положение придается путем непосредственного механического воздействия ориентирующим органом. Бесконтактный метод ориентации предусматривает воздействие на заготовки и детали без непосредственного жесткого контакта с ориентирующим органом (гравитационным и электромагнитным силовыми полями, пневматическими и гидравлическими силами).

Задача ориентации заготовок и деталей может решаться на различных этапах автоматизированного технологического процесса:

- ориентация непосредственно в загрузочном устройстве;
- ориентация на исходной для захвата ПР позиции;
- ориентация в процессе межоперационного транспортирования;
- ориентация в процессе захвата промышленным роботом;
- ориентация при перемещении заготовки или детали промышленным роботом;
- ориентация заготовок и деталей на рабочей позиции.

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

## 11.1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Экономический эффект от применения приспособлений определяют путем сопоставления годовых затрат и годовой экономии для сравниваемых вариантов обработки деталей. Годовые затраты состоят из амортизационных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию приспособления. Годовая экономия получается за счет снижения трудоемкости изготовления обрабатываемых деталей, т. е. за счет сокращения затрат на заработную плату рабочих-станочников и уменьшения цеховых накладных расходов.

Применение приспособления экономически выгодно в том случае, если годовая экономия от его применения больше годовых затрат, связанных с его эксплуатацией. Экономическая эффективность применения любого приспособления определяется также величиной срока окупаемости, т. е. срока, в течение которого затраты на приспособление будут возмещены за счет экономии от снижения себестоимости обрабатываемых деталей. В зависимости от объема выпуска изделий экономическая эффективность использования приспособления вычислена в главе 1.

Для конкретного расчета  $\Pi_r$  нужно знать величины  $S_a$  и  $S_6$ . Однако их точные значения можно определить лишь на основе калькуляции после изготовления рабочих чертежей и разработки технологических процессов изготовления приспособлений, но такой способ весьма сложен и трудоемок. Поэтому применяют более простые приближенные способы определения затрат на изготовление приспособлений по формуле

$$S = C \times N,$$

где  $S$  — затраты на изготовление приспособления, руб.;  $N$  — количество деталей в приспособлении, шт.;  $C$  — постоянная, зависящая от сложности приспособления и его габаритных размеров.

Для простых приспособлений принимают  $C=15$ , для приспособлений средней сложности  $C=30$  и для сложных приспособлений

соблений  $C=40$ . Срок амортизации приспособления, в течение которого его используют для выпуска заданных деталей, равен 1–5 годам соответственно для простых, средней сложности и сложных приспособлений. Годовые расходы  $q$ , связанные с эксплуатацией приспособления, принимают равными 20 % от затрат  $S$  на его изготовление.

Для определения заработной платы  $Z$  рабочего-станочника необходимо знать штучное время  $t_{шт}$  обработки детали на данной операции и минутную ставку  $Z_{мин}$  рабочего станочника по действующей тарифной сетке:

$$Z = t_{шт} Z_{мин}.$$

При использовании более совершенного (дорогостоящего) приспособления время  $t_{шт}$ , а следовательно, и штучная заработная плата снижается.

Величину  $\Pi_k$  следует определять при условии, что  $Z_6 > Z_a$  или  $Z_6 > Z_a$  и  $Z_a > Z_6$ . При технико-экономических расчетах приходится определять величину снижения трудоемкости изготовления одной детали по всем технологическим операциям механической обработки, отнесенной к одному приспособлению:

$$e = \frac{\sum t_1 - \sum t_2}{n},$$

где  $\sum t_1$  — суммарная трудоемкость изготовления детали до применения приспособления;  $\sum t_2$  — суммарная трудоемкость изготовления детали после применения приспособлений;  $t_1$  и  $t_2$  — штучное время обработки детали на станке до и после применения приспособления;  $n$  — количество приспособлений, применяемых на всех технологических операциях при изготовлении детали на станках, шт.

Экономия на прямой заработной плате в результате применения одного приспособления:

$$e' = \frac{(\sum t_1 C_1 - \sum t_2 C_2)}{n},$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — тарифные ставки на одинаковых операциях до и после применения приспособления.

**Экономический эффект от применения одного приспособления.** При обработке детали экономический эффект определяют с учетом цеховых накладных расходов  $H$ . Величину  $H$  берут в процентах от прямой заработной платы рабочего станочника.

Экономический эффект

$$\mathcal{E} = (1 + 0,01H)e' = (1 + 0,01H) \left[ \frac{(\sum t_1 C_1 - \sum t_2 C_2)}{n} \right].$$

Условия, определяющие экономическую эффективность применения приспособления за год при обработке детали на соответствующем станке, можно выразить неравенством

$$P_r \leq \mathcal{E}P,$$

где  $P_r$  — годовые расходы на амортизацию и эксплуатацию одного приспособления.



Годовые затраты на одно приспособление зависят от вида приспособления, первоначальных расходов на него, срока службы и эксплуатационных расходов.

Годовые затраты на одно специальное приспособление:

$$Z_{\text{сп}} = \left( \frac{1 + K_{\text{пр}}}{T_{\text{сп}}} + K_{\text{эк}} \right) C_{\text{ст}},$$

где  $K_{\text{пр}}$  — коэффициент затрат на проектирование специального приспособления (отношение затрат на проектирование и отладку приспособления к затратам на его изготовление в металле);  $K_{\text{эк}}$  — коэффициент затрат на эксплуатацию специального приспособления (отношение годовых эксплуатационных расходов на приспособление к затратам на его изготовление в металле);  $T_{\text{сп}}$  — срок эксплуатации специального приспособления до полного износа, принимают по данным завода, годы;  $C_{\text{ст}}$  — первоначальные затраты на изготовление специального станочного приспособления, определяют по фактическим затратам инструментального цеха завода или нормативным материалам, руб.

**Годовые затраты на одно универсальное приспособление**

$$Z'_y = (K'_{\text{ам}} + K'_{\text{эк}}) C'_{\text{ст}},$$

где  $K'_{\text{ам}} = 1/T_y$  — коэффициент амортизации универсального приспособления;  $K'_{\text{эк}}$  — коэффициент затрат на эксплуатацию универсального приспособления (отношение суммы эксплуатационных годовых расходов к первоначальным затратам на изготовление приспособления в металле);  $T_y$  — срок службы универсального приспособления до полного износа в годах, принимают по опытным данным завода или нормативным материалам, годы;  $C'_{\text{ст}}$  — первоначальные затраты на изготовление универсального приспособления, принимают по опытным данным завода или нормативным материалам.

В формуле для определения  $Z'_y$  расходы на проектирование отсутствуют, так как универсальные приспособления нормализованы и расходы на проектирование входят в их себестоимость.

**Годовые затраты на одно сборно-разборное приспособление (СРП)**

$$Z''_{\text{сб}} = \left( \frac{K''_{\text{пр}}}{T} + K''_{\text{ам}} + K''_{\text{эк}} \right) C''_{\text{ст}},$$

где  $K''_{\text{пр}}$  — коэффициент затрат на проектирование СРП;  $K''_{\text{ам}}$  — коэффициент амортизации СРП;  $K''_{\text{эк}}$  — коэффициент годовых затрат на эксплуатацию СРП;  $C''_{\text{ст}}$  — расходы на приобретение (при изготовлении заводом — себестоимость) нормализованных и специальных деталей и узлов, из которых собирают СРП, включая затраты на пригонку и доделку этих деталей и узлов и сборку приспособления;  $T$  — срок эксплуатации приспособления, принимают по опытным данным завода, г.

**Годовые затраты на одно универсально-наладочное приспособление (УНП) со сменными наладками**

$$P_{\text{ун}} = \left( \frac{A_{\text{ун}} + I_{\text{ун}}}{n} \right) C_{\text{ун}} + \left( \frac{1 + A_{\text{нл}}}{T} + B_{\text{нл}} \right) C_{\text{нл}},$$

где  $A_{\text{ун}}$  — коэффициент амортизации УНП (отношение затрат на проектирование и отладку приспособления к себестоимости его изготовления в металле);  $I_{\text{ун}}$  — коэффициент эксплуатации УНП (отношение всех расходов на эксплуатацию

приспособления за год к себестоимости его изготовления в металле);  $C_{\text{ун}}$  — себестоимость изготовления приспособления (без сменных наладок в металле), руб.;  $n$  — количество сменных наладок, изготовленных для данного УНП, шт.;  $A_{\text{нл}}$  — коэффициент проектирования и отладки сменных наладок (отношение затрат на проектирование сменных наладок к себестоимости их изготовления);  $B_{\text{нл}}$  — коэффициент эксплуатации сменных наладок (отношение расходов по эксплуатации сменных наладок за год к себестоимости их изготовления);  $C_{\text{нл}}$  — средняя себестоимость всех сменных наладок, руб.;  $T$  — срок эксплуатации наладок, г.

Экономически эффективно применять станочные приспособления при выполнении условия

$$\frac{\mathcal{E}}{S_{\text{общ}}} \geq 1,$$

где  $\mathcal{E}$  — величина предполагаемой экономии цеховой себестоимости обработки детали при применении приспособления, руб.;  $S_{\text{общ}}$  — стоимость изготовления и эксплуатации приспособления, руб.

Экономия вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = \left[ T\text{Ч} \left( 1 + \frac{a}{100} \right) \right] \cdot \left[ T'\text{Ч}' \left( 1 + \frac{a'}{100} \right) \right] \cdot n,$$

где  $T, T'$  — технические нормы времени на выполнение операции до и после применения приспособления, ч;  $\text{Ч}$  и  $\text{Ч}'$  — тарифные часовые ставки рабочего-станочника до и после применения приспособления, руб;  $a$  и  $a'$  — цеховые накладные расходы до и после применения приспособления, руб.;  $n$  — количество обрабатываемых деталей с применением приспособления, шт.

Стоимость изготовления и эксплуатации приспособления:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{изг}} + S_{\text{рем}} \cdot K,$$

где  $S_{\text{изг}}$  — цеховая себестоимость изготовления приспособления, руб.;  $S_{\text{рем}}$  — стоимость одного ремонта за время работы приспособления при обработке заданного количества деталей, руб;  $K$  — количество ремонтов за время работы приспособления до полного износа.

## 11.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

Методически задача выбора оптимального варианта применения специального режущего инструмента существенно не отличается от ранее рассмотренных, за исключением некоторых особенностей, которые будут показаны на примерах, взятых из практики ряда предприятий.

При решении задачи о том, выгодно или невыгодно применить специальный инструмент вместо нормального, следует решить приводимое ниже неравенство и в зависимости от направленности знака сделать соответствующий вывод. Расчетная формула имеет такой вид:

$$(K_c I_c - K_n I_n) \neq [(P_y + Z_{\text{ш}} + P_o) - (P_y + Z_{\text{ш}} + P_o)]c\Pi,$$

где  $K$  — количество расходуемого за год инструмента, шт.;  $I$  — стоимость инструмента, руб.;  $P_y$  — расходы по установке инструмента в руб.;  $Z_{\text{ш}}$  — заработ-



ная плата (основная, дополнительная с начислениями) основного рабочего по штучному времени, руб.;  $P_o$  — расходы по эксплуатации оборудования, приходящиеся на одну деталь, руб;  $\Pi$  — годовая производственная программа по деталям, обрабатываемым данным инструментом; индексы  $n, c$  относятся к нормальному и специальному инструменту.

$$P_y + H_{пз} + C_p,$$

где  $H_{пз}$  — норма подготовительно-заключительного времени на 1 шт. в ч;  $C_p$  — часовая заработная плата основного рабочего.

$$З_{ш} + H_{ш} + C_p,$$

где  $H_{ш}$  — норма штучного времени в ч.

$$P_o + H_{маш} + C_{мч},$$

где  $H_{маш}$  — норма машинного времени в ч;  $C_{мч}$  — себестоимость 1 ч работы оборудования в руб.

На одном из предприятий было решено заменить при обработке некоторых деталей нормальную фрезу торцовой насадкой ( $\varnothing 150, f=14$  мм) со вставными ножами. Было известно, что себестоимость нормальной фрезы — 4,5 руб. и срок ее службы (при 10 переточках, стоимость 0,2 руб. каждая) составляет 20 ч, а изготовление державки и корпуса специальной фрезы обходится в 40 рублей и 12 ножей — 9,6 руб.; срок ее службы (учитывая, что ножи позволяют иметь 20 оборотов) при 10 переточках равен 400 ч. Расходы по эксплуатации державок и корпуса фрезы равны 6 руб./год, а расходы по переточке и хранению ножей — 33% от их себестоимости, т. е.

Таблица 25

Исходные данные (в руб.)

3,2 руб. Остальные данные для расчета приведены в таблице 25. Нужно было определить экономическую эффективность такой замены.

Элементы затрат	1-й вариант	2-й вариант
$H_{пз} \times C_p$	$0,006 \times 0,533 = 0,0032$	$0,005 \times 0,533 = 0,0027$
$H_{ш} \times C_p$	$0,14 \times 0,533 = 0,0746$	$0,073 \times 0,533 = 0,0389$
$H_{маш} \times C_{мч}$	$0,11 \times 0,3625 = 0,04$	$0,05 \times 0,204 = 0,0102$

Для определения расходов по амортизации и эксплуатации инструмента  $K_n$  приходится учитывать следующие соображения.

При работе станка 3950 ч в год и коэффициенте занятости фрезы за час работы станка  $K_n=0,4$  она будет работать примерно 1600 ч в год.

Нормальных фрез понадобится  $1600:20=80$  шт., а специальных  $1600:400=4$  шт. Стоимость нормальной фрезы с учетом переточек будет  $4,5+0,2 \times 10=6,5$  руб. Готовые расходы на инструмент в этом случае

$$K_n \times I_n = 6,5 \times 80 = 520 \text{ руб.}$$

Для специальной фрезы  $K_c \times I_c = (49,6 + 3,2) \times 4 + 6 = 217,2$  руб.

Отсюда  $K_c \times I_c - K_n \times I_n = 302$  руб. 80 коп.

$$\begin{aligned} & [(P_y + З_{ш} + P_o)_n - (P_y + З_{ш} + P_o)_c] \times \Pi = \\ & = [(0,0032 + 0,0746 + 0,04) - (0,0027 + 0,0389 + 0,0102)] \times 40000 = 2640 \text{ руб.} \end{aligned}$$



Таким образом, замена нормальных фрез насадными со вставными ножами в данном случае уменьшает и расходы на приобретение и эксплуатацию инструмента (на 302 руб. 80 коп.), и расходы по обработке (на 2640 руб.). Мероприятие вполне эффективно.

В современном машиностроении широко применяются детали сложной конфигурации, которые в основном обрабатываются фрезами. Этим в известной степени объясняется большое внимание, которое уделяют конструкциям фрез. Фрезы относительно дорогой инструмент, поэтому заводы стремятся удешевить их изготовление, повысить экономическую стойкость и таким путем снизить затраты на одну деталь. Цельные фрезы из быстрорежущей стали заменяются фрезами со вставными ножами (припаянными пластинами), а также инструментом с наплавленными кромками из быстрорежущей стали (последнее особенно выгодно с экономической точки зрения).

Весьма эффективно применение сборных конструкций на припое ГФК при изготовлении режущего инструмента сложного профиля с одним и многими лезвиями, что подтверждает практика работы ряда предприятий.

Специальные исследования, проведенные на основе анализа материалов одного из машиностроительных завода по изготовлению сборных профильных фрез, используемых в производстве турбинных лопаток, позволили сделать следующие выводы.

1. С применением припоя ГФК расход быстрорежущей стали сокращается на 50–60% вследствие значительного расширения номенклатуры сборного инструмента.

2. Значительно повышается качество инструмента, так как обеспечивается точное соблюдение режимов термообработки быстрорежущей стали при одновременной закалке и пайке, исключается брак (трещины и отрывы пластин во время работы), достигающий на многих заводах значительных величин.

3. При правильном использовании припоя ГФК расходы оказываются меньшими, чем при использовании медных припоев из ленты.

4. Применение припоя ГФК сокращает расход меди на 24% по сравнению с медной лентой за счет ферросплавов и цинка, введенных в припой.

5. Увеличивается производительность, и сокращается время изготовления инструмента.

Широкое применение в отечественной и зарубежной практике находят в настоящее время инструменты с многогранными пластинами, механически закрепляемые в державках, взамен напайных.

Опыт показывает, что использование резцов, торцевых фрез и других инструментов с многогранными пластинами дает большой экономический эффект — сокращается машинное и вспомогательное время обработки, уменьшается трудоемкость заточки, снижаются издержки производства, высвобождаются рабочие и станки, улучшается качество работы.

На некоторых машиностроительных предприятиях достаточно долгое время успешно применяют резцы и торцевые фрезы с механическим креплением многогранных пластин из твердого сплава, отказавшись от инструмента с напайными пластинами.

Использование в производстве таких резцов позволило в 5 раз сократить расходы на инструмент и полностью исключить трудоемкую заточку резцов.



Стоимость резцов новой конструкции в 1,5 раза выше, чем у резцов с напайными пластинами. Экономический эффект за 2 года эксплуатации новых резцов составил больше 92 тыс. руб.

Следует отметить, что в настоящее время литые резцы с чугунной державкой. Они изготавливаются методом заливки горячим чугуном Сч 18-36 твердосплавной пластинки, установленной в земляную форму. При изготовлении таких резцов устраняется ряд операций (резка, ковка, фрезеровка, пайка), и себестоимость оказывается на 25% ниже стоимости резцов со стальной державкой. При производстве 40 тыс. резцов предприятие сэкономило 32 т стального проката и 200 кг листовой меди.

В последние годы на многих машиностроительных предприятиях стали широко применять алмазную заточку и доводку инструмента вместо заточки кругами из карбида кремния и доводки электрокарборундом.

Определение экономической эффективности этого мероприятия следует вести поэтапно в таком порядке.

1. Определение экономии за счет увеличения сроков службы инструментов.
2. Определение экономии на расходах по заточке инструмента.
3. Определение экономии при обработке деталей инструментом, заточенным разными способами.
4. Определение суммарной экономии.

На первом этапе устанавливается стойкость инструмента до  $C_d$  и после  $C_n$  введения алмазной заточки и доводки. Затем определяется коэффициент изменения стойкости:

$$K_{ст} = \frac{C_n}{C_d}.$$

Далее устанавливается количество переточек инструмента до  $n_d^d$  и после  $n_n^d$  введения алмазной заточки и определяется коэффициент изменения числа переточек:

$$K_{пер} = \frac{(n_n^d + 1)}{(n_d^d + 1)}.$$

Произведение этих двух коэффициентов дает величину общего коэффициентов изменения сроков службы инструмента:

$$K_{сс} = K_{ст} \times K_{пер}.$$

Если обозначить через  $\Pi_d$  и  $\Pi_n$  соответственно потребность в инструменте до и после алмазной заточки, то, учитывая коэффициент изменения сроков службы, потребность в инструменте после перехода на алмазную заточку и доводку

$$\Pi_n = \frac{\Pi_d}{K_{ст}}.$$

Отсюда уже нетрудно определить и экономию, которая может быть получена за тот или иной период (обычно за год) под влиянием этого первого фактора:

$$\mathcal{E}_1 = \Pi(\Pi_d - \Pi_n),$$

где  $\Pi$  — цена (или себестоимость) инструмента.

Второй этап расчетов — определение экономии на расходах — начинается с расчета штучного времени  $N_{шт}$  до и после введения алмазной заточки, часовой

(основной и дополнительной с начислениями) заработной платы станочника-заточника  $C_p$  и на этой основе — величины расходов по заработной плате на заточку инструмента для каждого из ее способов:

$$Z_n = H_{ш} \times C_p.$$

После этого определяются машинное время на заточку инструмента  $H_{маш}$ , себестоимость машино-часа заточного станка  $C_{мч}$  и как произведение этих величин расходы по эксплуатации станка, приходящиеся на один инструмент при разных способах заточки:

$$P_o = H_{маш} \times C_{мч}.$$

Зная эти исходные данные, можно определить общую сумму затрат на заточку и доводку, меняющуюся в своей величине для каждого из способов работы, с учетом программы  $\Pi$  и общего числа заточек инструмента до его полного износа:

$$\sum Z = (Z_n + P_o)\Pi(n_n + 1).$$

Разница в величине этих затрат до  $\Sigma Z^n$  и после  $\Sigma Z^n$  перехода на алмазную заточку даст представление о размере годовой экономии в результате влияния этого второго из рассматриваемых факторов:

$$\Theta_2 = \sum Z^n - \sum Z^n.$$

Третий этап расчетов, на котором надо определить экономию, получаемую при обработке определенных деталей с помощью инструмента, заточенного старым и новым способами, по своей методике совершенно аналогичен предыдущему с той лишь разницей, что эти расчеты ведутся применительно к тем станкам, на которых обрабатываются данные детали.

В результате определяется экономия, получаемая при обработке этих деталей (или по всем станкам, где применяется инструмент данного вида):

$$\Theta_3 = P_d - P_n = [(Z_n + P_o)_d - (Z_n + P_o)_n] \times \Pi_{дт},$$

где  $\Pi_{дт}$  — программа по данным деталям за год.

Заключительный этап расчетов — определение суммарной экономии от проводимого мероприятия:

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3.$$

Практика показывает, что в большинстве случаев наибольшая экономия получается непосредственно при обработке деталей. Однако тогда, когда в работе участвуют дорогие инструменты (например, при обработке гильз), экономия за счет увеличения сроков их службы и сокращения затрат на переточку также оказывается весьма значительной.

Нередко задача об определении экономии от перехода на алмазную заточку и доводку инструмента ставится не в отношении каких-то отдельных деталей, а применительно ко всем работам цеха, который полностью (или по отдельным группам станков или видам инструмента) перешел (или переходит) на этот метод работы.

Не меняя содержания, последовательности и целенаправленности, расчет экономии в таких случаях ведут все же несколько по-другому. Их методиче-



ской основой на первых двух этапах является определение изменений в расходе твердого сплава до и после внедрения алмазной заточки и доводки, а на третьем этапе расчет ведется на все число рабочих и станков, пользующихся инструментом, заточенным на алмазных кругах.

Так, например, если средняя стойкость твердосплавного инструмента соответственно составляет  $C_d = 70$  мин и  $C_n = 180$  мин (т. е.  $K_{ст} = 180 : 70 = 2,6$ ), число переточек  $n_{и}^d = 4$  и  $n_{и}^n = 7$  (т. е.  $K_{пер} = 8 : 5 = 1,6$ ), а общий коэффициент изменения сроков службы инструмента  $K_{св} = 2,6 \times 1,6 = 4,15$ , то при расходе твердого сплава на один какой-то инструмент  $d = 15$  г, количество инструментов данного вида, которое могло быть изготовлено из 1 кг твердого сплава до перехода на алмазную заточку  $\Pi_d = 1000 : 15 = 67$ , а после перехода на нее

$$\Pi = 67 : 4,15 = 16.$$

На основе этих цифр, зная цену на этот инструмент (скажем,  $\Pi = 0,9$  руб.), нетрудно определить экономию по этому виду инструментов, отнесенную на 1 кг твердого сплава, получаемую за счет увеличения срока службы инструмента:

$$\mathcal{E}_1 = 0,9 \times (67 - 16) = 46 \text{ руб.}$$

Точно так же и расчет экономии на расходах по заточке здесь ведется на 1 кг твердого сплава.

Так, если затраты штучного времени на одну заточку до  $H_{ш}^d$  и после  $H_{ш}^n$  перехода на алмазные круги соответственно составляют 7,5 мин и 4,2 мин, то на 1 кг твердого сплава, учитывая ранее приведенные данные о числе переточек (7 и 4) и количестве инструментов, которое могло быть изготовлено из 1 кг твердого сплава и эквивалентного ему (после перехода на алмазную заточку), трудовые затраты составят

$$Z_{ш}^d = \frac{75(4+1) \cdot 67}{60} \cdot 0,64 = 26,8 \text{ руб.}$$

где 0,64 руб — часовая (основная и дополнительная с начислениями) заработная плата заточника.

Аналогичный расчет ведется и в отношении расходов, связанных с работой оборудования. Результаты его таковы:

$$P_o^d = \frac{6,8 \cdot (4+1) \cdot 67}{60} \cdot 0,48 = 18,22 \text{ руб.}$$

$$P_o^n = \frac{3,7 \cdot (7+1) \cdot 16}{60} \cdot 0,82 = 6,47 \text{ руб.}$$

где 6,8 и 3,7 — нормы машинного времени; 0,48 и 0,82 — себестоимость машино-часа заточного станка до и после введения алмазной заточки.

Отсюда экономия за счет изменения затрат по заточке, отнесенная на 1 кг твердого сплава, равна

$$\mathcal{E}_2 = (26,8 - 11,47) + (18,22 - 6,47) = 18,22 \text{ руб.}$$

Общая сумма экономии, подсчитанная по этим двум статьям на 1 кг твердого сплава, составит 73,08 руб.



Зная, каков годовой расход твердого сплава до перехода на алмазную заточку и доводку, можно подсчитать и годовую экономию от изменения сроков службы инструмента и расходов по его заточке.

Если, скажем, годовой расход твердого сплава в цехе составлял 425 кг, то экономия будет  $425 \times 73,08 = 31\,059$  руб.

Следует отметить, что в этих расчетах не были учтены расходы по оплате абразивных материалов, затрачиваемых на одну заточку и доводку, из-за небольшой величины этих расходов. Считается, что при столь укрупненных расчетах, методика которых здесь была изложена, такими затратами вполне можно пренебречь.

Расчет экономии, получаемой по цеху, переведенному на использование инструмента, заточенного и доведенного на алмазных кругах, также имеет некоторые отличия в своей методике.

Если, допустим, фонд рабочего времени за смену составляет 400 мин, а экономия в затратах штучного и машинного времени Эвр, от уменьшения потерь на смену инструмента в связи с возможностью работы на более форсированных режимах составляет 10 % (по данным заводов, эта цифра колеблется от 8 до 15 %), т. е. 0,67 ч, то при выполнении одного и того же объема работы при  $C_p^{cp} = 0,72$  руб. и  $C_{итч}^{cp} = 0,6$  руб., учитывая общее количество рабочих  $P_{общ}$ , занятых в цехе (предположим, 100 чел. в смену), и режим работы (две смены — Д, 305 дней — Д), общий размер экономии на заработной плате и расходах, связанных с работой оборудования, будет

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_{вр} \cdot C \cdot Д \cdot (C_c^{cp} + C_{мч}^{cp}) \cdot P_{общ};$$

$$\mathcal{E}_3 = 0,67 \cdot 2 \cdot 305(0,72 + 0,6)100 = 54\,302,16 \text{ руб.}$$

В заводских расчетах эта экономия обычно не подсчитывается, что, конечно, очень сильно занижает экономическую эффективность проводимого мероприятия. Ясно, что подобный расчет должен вестись по всем видам инструмента, оснащаемого твердым сплавом и переводимого на алмазную заточку, раздельно, по группам.

Общая сумма экономии равна

$$\mathcal{E} = 31\,509 + 53\,948,4 = 85\,457,4 \text{ руб.}$$

Подсчитанная тем или иным методом суммарная экономия должна быть сопоставлена с размером капитальных затрат, связанных с организацией и внедрением алмазной заточки и доводки, и на основании того сопоставления — общеизвестным способом установлена степень экономической эффективности капитальных затрат или срок их окупаемости.

Взамен дорогого инструмента из твердых сплавов (вольфрамовых, титановольфрамовых и др.) успешно внедряются инструменты и пластинки из минералокерамики. На многих предприятиях это обеспечило увеличение производительности обработки в 1,5–2 раза, а также получение поверхности достаточной точности и шероховатости, особенно при чистовом и получистовом точении стали. Проведенные сравнительные испытания минералокерамических и твердосплавных резцов показали, что применение минералокерамических резцов позволяет увеличить число оборотов и скорость резания примерно в 3–4 раза. В результате



этого машинное время на черновой и чистовой обработке разных деталей уменьшилось на 50–70%. Кроме того, минералокерамические пластинки ЦМ-332 по сравнению с пластинками из твердого сплава Т15К6 обходятся в 15–16 раз дешевле, выдерживают температуру до 1200° (твердосплавные — не выше 750–850°С) и при правильной эксплуатации (установка резцов строго по центру, механическое крепление пластин и пр.) успешно заменяют твердосплавные на многих операциях. Однако следует отметить повышенную хрупкость металлокерамических пластин, что создает большие трудности для их широкого использования.

### 11.3. ЭКОНОМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

При расчетах технологической себестоимости механической обработки технолог располагает, по существу, всеми данными для решения поставленной перед ним задачи, но определение затрат на оснастку обычно вызывает некоторые затруднения, поскольку оно бывает связано с составлением калькуляции.

Для упрощения расчета этой величины предложено много способов, из которых широко используются два достаточно простых и достоверных в отношении получаемых в их помощью результатов.

На рисунке 192 приведена номограмма, базирующаяся на фактических данных ряда станкостроительных заводов, которая позволяет найти размер затрат на проектирование и изготовление оснастки в зависимости от ее сложности и числа входящих в нее деталей.

Если фактические затраты на оснастку завода оказываются большими или меньшими по сравнению с теми, что получаются по номограмме, рекомендуется сделать несколько сопоставлений для приспособлений разной сложности и установить величину поправочного коэффициента. Эта поправка является результатом менее или более совершенной организации инструментального производства на заводе, но, как показывает практика, она не нарушает соотношений между затратами на приспособления разных групп и с разным числом деталей. Полезно в этом случае скорректировать шкалу оси Y.

1 — первая группа сложности: простые центровые оправки, державки, накладные кондукторы, призмы;  
2 — вторая группа сложно-

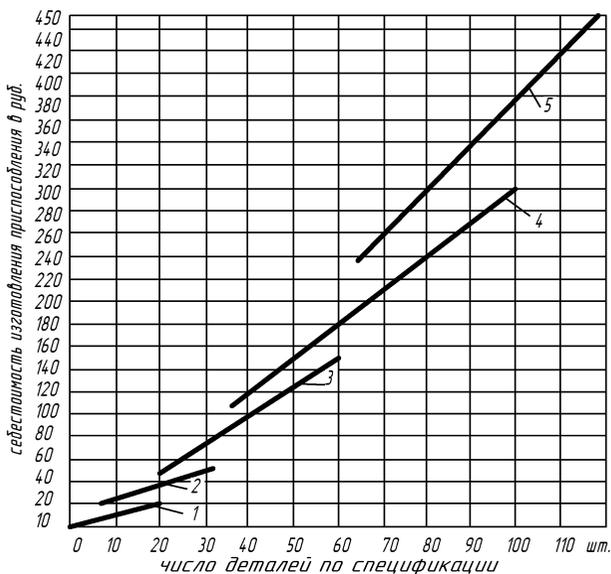


Рис. 192  
Номограмма для определения себестоимости изготовления приспособлений



сти: плиты с зажимными деталями, сварные кондукторы для простых деталей, простые патроны, зажимные оправки, приспособления для фрезерования планок, клиньев; 3 — третья группа сложности: кондукторы для сложных деталей, поворотные столы простой конструкции, приспособления для 2–3 осей, простые делительные приспособления; 4 — четвертая группа сложности: расточные приспособления для корпусных деталей, многошпиндельные головки, сложные приспособления и кондукторы; 5 — пятая группа сложности: специальные приспособления, расточные по нескольким осям, для фрезерования в нескольких плоскостях, сложные делительные приспособления и поворотные столы.

Для определения себестоимости приспособлений можно применить и другой метод, предложенный А. Б. Короной, согласно которому все приспособления разбиваются на шесть групп сложности в зависимости от числа имеющихся в них оригинальных деталей.

Себестоимость приспособления может быть определена по формуле

$$Ц = A \times D_0 + B,$$

где  $Ц$  — цена покупного приспособления или себестоимость приспособления собственного производства;  $D_0$  — число оригинальных деталей в приспособлении;  $A$  и  $B$  — коэффициенты, зависящие от группы сложности и количества оригинальных деталей, определяемые по таблице 26.

Таблица 26

Исходные данные для расчета себестоимости приспособлений

Показатели	Группа сложности приспособления					
	1	2	3	4	5	6
Число оригинальных деталей в приспособлении	1–10	5–20	10–30	20–60	30–90	60–120
Коэффициент $A$	0,8	1	1,6	2,5	3,35	4
Коэффициент $B$	0	5	5	0	0	–20
Себестоимость приспособления	До 10	10–25	20–50	50–150	100–300	220–460

На основе этой формулы также может быть построена номограмма. Проиллюстрируем примерами пользование этими двумя методами.

**Пример 1.** Найти себестоимость расточного приспособления для корпусных деталей, имеющего 80 деталей. По номограмме на рисунке 123, идя по вертикали от точки 80 на оси абсцисс до пересечения с наклонной прямой, выражающей затраты на проектирование и изготовление приспособлений 4-й группы, к которой относится такое приспособление, пересечем эту прямую на высоте, которая отмечена делением 240 на оси ординат. Следовательно, себестоимость такого приспособления равна 240 руб.

**Пример 2.** Найти себестоимость приспособления, имеющего 45 оригинальных деталей, пользуясь приведенной выше формулой. По числу деталей такое приспособление может быть отнесено и к 4-й, и к 5-й группе сложности.

Беря за основу коэффициенты 4-й группы сложности, найдем, что себестоимость такого приспособления равна  $Ц = 2,5 \times 45 + 0 = 112,5$  руб.

Относя это приспособление к 5-й группе сложности, найдем его себестоимость:  $Ц = 3,35 \times 45 + 0 = 150,75$  руб.



Отнесение приспособления к той или иной группе сложности в тех случаях, когда по числу оригинальных деталей его можно отнести к разным группам, зависит от экспертной оценки сложности (трудоемкости) изготовления входящих в него деталей.

После того как определена себестоимость приспособления, можно проводить сопоставительные расчеты и устанавливать:

- 1) выгодно ли заменять работу по разметке работой в приспособлении;
- 2) какое из возможных к применению приспособлений в данном конкретном случае будет экономически целесообразным.

При решении первой задачи можно воспользоваться формулой

$$kO_{\text{п}} \neq \left[ (P_{\text{y}} + Z_{\text{ш}} + P_{\text{o}}) - \left( \frac{P_{\text{y}}}{D_{\text{д}}} + Z_{\text{ш}} + P_{\text{o}} \right) \right] \Pi, (*)$$

где  $k$  — коэффициент амортизации и эксплуатации приспособления (1,2 — при одногодичном сроке его службы и 0,7 — при двухгодичном);  $O_{\text{п}}$  — себестоимость приспособления, руб.;  $P_{\text{y}}$  — разовые расходы на разметку детали или приходящиеся на партию затраты по установке приспособления, руб.;  $Z_{\text{ш}}$  — заработная плата производственных рабочих (основная, дополнительная с начислениями) по штучному времени, руб.;  $P_{\text{o}}$  — расходы по эксплуатации оборудования, приходящиеся на одну деталь, руб.;  $D_{\text{д}}$  — число деталей в партии;  $\Pi$  — годовая производственная программа, шт.

$$P_{\text{y}} = H_{\text{пз}} \times C_{\text{н}},$$

где  $H_{\text{пз}}$  — норма подготовительно-заключительного времени (на разметку детали или установку приспособления для обработки партии деталей), ч;  $C_{\text{н}}$  — часовая (основная и дополнительная с начислениями) заработная плата разметчика или установщика приспособлений, руб.

$$Z_{\text{ш}} = H_{\text{ш}} \times C_{\text{р}},$$

где  $H_{\text{ш}}$  — норма штучного времени, ч;  $C_{\text{р}}$  — часовая (основная и дополнительная с начислениями) заработная плата производственного рабочего, руб.

$$P_{\text{o}} = H_{\text{маш}} \times C_{\text{мч}},$$

где  $H_{\text{маш}}$  — норма машинного времени, ч;  $C_{\text{мч}}$  — себестоимость 1 ч работы оборудования, руб.

На одном машиностроительном заводе при групповой обработке деталей типа «фланец-втулка» была предложена вместо разметки обработка в кондукторе с пневматическим приводом, устанавливавшимся на стол радиально-сверлильного станка 2А55. Нужно было определить, оправдано ли экономически его применение.

Годовая программа по деталям этой группы равнялась 11345 шт. Работа велась над партией деталей, размер партии  $D_{\text{д}} = 180$  шт. Остальные данные для расчета приведены в таблице 27.

Таблица 27

Исходные данные (в руб.)

Элементы расчета	Работа по разметке	Работа с приспособлением
$k \times O_{\text{п}}$		$0,7 \times 149 = 104,3$
$H_{\text{пз}} \times C_{\text{н}}$	$0,15 \times 0,4227 = 0,0634$	$0,15 \times 0,3713 = 0,0557$
$H_{\text{ш}} \times C_{\text{р}}$	$0,07 \times 0,4227 = 0,0296$	$0,05 \times 0,3713 = 0,0186$
$H_{\text{маш}} \times C_{\text{мч}}$	$0,042 \times 0,338 = 0,0142$	$0,04 \times 0,3285 = 0,0131$



На основании этих данных можно провести сравнительный расчет. Правая часть неравенства (\*) будет иметь такой вид:

$$\left[ (0,0634 + 0,0296 + 0,0142) - \left( \frac{0,0557}{100} + 0,0186 + 0,0131 \right) \right] 11\,345 = 849,74,$$

т. е. применение запроектированного кондуктора оказывается вполне целесообразным, поскольку  $104,3 < 849,74$ .

Для решения второй задачи используется такая формула:

$$(k''O''_n - k'O'_n) \neq \left[ \left( \frac{P'_y}{D_n} + \mathfrak{Z}'_ш + P'_o \right) - \left( \frac{P''_y}{D_n} + \mathfrak{Z}''_ш + P''_o \right) \right] П,$$

где знаки «'» и «''» относятся соответственно к дешевому и дорогому приспособлениям.

На одном из предприятий при обработке оси пневмовибратора, проводившейся партиями по 100 шт. на горизонтально-фрезерном станке 6Н81 в приспособлении с ручным зажимом (стоимостью 40 руб.), было предложено заменить это приспособление более совершенным с пневматическим зажимом (стоимостью 100 руб.). Исходные данные для расчета сведены в таблице 28.

Таблица 28

Исходные данные (в руб.)

Элементы расчета	Работа в приспособлении с ручным зажимом	Работа в приспособлении с пневматическим зажимом
$k \times O_n$	$0,7 \times 400 = 28$	$0,7 \times 100 = 70$
$P_y : D_n$	$0,25 \times 0,45 : 100 = 0,0011$	$0,3 \times 0,45 : 100 = 0,0013$
$\mathfrak{Z}_ш$	$0,041 \times 0,45 = 0,0185$	$0,033 \times 0,45 = 0,015$
$P_o$	$0,024 \times 0,3 = 0,007$	$0,021 \times 0,3 = 0,006$

Подставляя расчетные данные в формулу, будем иметь  $(70 - 80) > [(0,0011 + 0,0185 + 0,007) - (0,0013 + 0,015 + 0,006)] 6500 = 42 > 27,95$ , т. е. применение столь дорогого приспособления в данном случае нерентабельно, что объясняется той незначительной экономией, которое оно приносит при обработке 6500 осей пневмовибратора.

Здесь нужно отметить, что широко практикуемое предприятиями начисление накладных расходов механического цеха на заработную плату станочников при определении экономической эффективности технологической оснастки влечет за собой серьезные ошибки и полную дезориентацию в действительном экономическом результате.

Например, достаточно было в предыдущем расчете увеличить втрое (за счет 200 % накладных расходов механического цеха) полученную экономию на заработной плате, как сразу знак неравенства повернулся бы в обратную сторону, и, безусловно, убыточное приспособление стало бы весьма прибыльным, что, конечно, не соответствовало бы действительности. Низкой экономии на цеховых накладных расходах от того, что приспособление с ручным зажимом будет заменено приспособлением с пневматическим зажимом, завод, по существу, иметь не будет, и вводить их в расчет — значит заведомо идти к ошибочному результату.

Для упрощения техники решения подобных задач нередко пользуются графиками, один из образцов которых приведен на рисунке 193. По оси абсцисс отложено годовое производственное задание, а по оси ординат — стоимость осна-



стки (с включением 20 % на покрытие расходов по ее содержанию), отнесенная к первому году ее эксплуатации. Косые лучи показывают размер возможной экономии на одну деталь при использовании оснастки.

С помощью таких графиков можно быстро получить ответы на следующие вопросы.

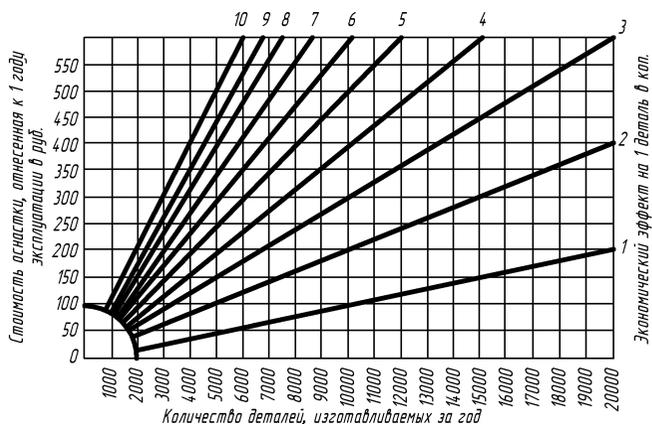
1. На какие затраты, отнесенные к первому году использования приспособления, можно

пойти при заданной программе П, если это приспособление дает возможность получить при обработке каждой детали Э руб. экономии?

2. При каком программном задании П оправдаются затраты на изготовление приспособления, если оно обеспечивает Э руб. экономии на каждой детали?

3. Какую экономию Э должно давать приспособление, если расходы на его изготовление и эксплуатацию, отнесенные к первому году его работы, составляют к  $O_n$ , а годовая программа равна П?

Об эффективности применения различных видов высокотехнологичной оснастки, применяемой при механической обработке, можно судить по данным таблицы 29.



**Рис. 193**  
Номограмма для определения рентабельности приспособлений

Таблица 29

**Высокопроизводительная оснастка и эффективность ее применения**

Наименование или техническое название оснастки	Вид вспомогательных работ	Сокращение вспомогательного времени	Экономия времени в течение 8-часового рабочего дня	
			в %	в мин
Дополнительные резцедержатели на токарных станках в серийном производстве	Управление станком	—	8–12	34–51
Механическое копировальное устройство конструкции Семицкого	То же	1,4	—	55
Патрон конструкции Денисова	Закрепление и открепление детали	—	3,4–4,5	15–19
Гидравлические копировальные устройства	Управление станком	1,35–1,45	—	50–60
Пневматические и электрические патроны, пневматические цанги	Закрепление и открепление детали	5–8	3–6	13–25
Автоматические приспособления, обеспечивающие работу по упорам	Промеры, время контроля	1,6–1,9	3–4	13–17



Наименование или техническое название оснастки	Вид вспомогательных работ	Сокращение вспомогательного времени	Экономия времени в течение 8-часового рабочего дня	
			в %	в мин
Измерительный инструмент, подкладки на токарных станках, быстросменные патроны на сверлильных станках	Замена инструмента	20–30	2–3	9–13
Державки с микрометрическими винтами, быстросменные и для безналадочной работы	Замена и подналадка инструмента на станках с автоматическим циклом	20–40	3–4	13–17

Значительный экономический эффект, которым обычно сопровождается применение специальных приспособлений, позволяющих сократить затраты вспомогательного времени, побуждает искать пути их рационального использования в условиях не только серийного, но и мелкосерийного и даже единичного производства. Основные препятствия в этом направлении — относительно высокая стоимость приспособлений, длительные сроки изготовления оснастки и экономическая нецелесообразность затрат при небольших возможностях его повторного использования. Практика показывает, что проектирование приспособлений средней сложности отнимает 10–12 ч труда квалифицированного конструктора, при изготовлении расходуется 40–50 кг металла и 50–60 нормо-часов. Каждое такое приспособление обходится примерно в 50–60 руб.

В стремлении снизить затраты труда, времени и средств на технологическую оснастку возникла идея обратимой оснастки, нашедшая различное воплощение в системе универсально-сборочных (УСП) и универсально-наладочных (УНП) приспособлений.

Как известно, система УСП основана на компоновке нужных приспособлений применительно к той или иной детали — операции из нормализованных взаимозаменяемых элементов — узлов и деталей с последующей, по мере необходимости их разборкой и использованием в новых комбинациях для обработки других деталей.

Стоимость 1 комплекта УСП довольно высока (при 3 тыс. деталей — 20 тыс. руб., при 20 тыс. деталей — 100 тыс. руб.), но его детали, изготовленные по 7 и 8-му уровням точности (иногда даже по 6-му), обеспечивая высокую точность обработки, обладают и большой износостойкостью, что гарантирует такой оснастке 8–10-летний срок службы. Среднегодовая убыль деталей составляет 3,5–5 %.

Об относительной эффективности УСП, в сравнении со специальными приспособлениями, можно судить по данным ряда предприятий. В среднем стоимость приспособлений, собранных из УСП, в шесть раз меньше специальных приспособлений. Уменьшаются и сроки проектирования приспособлений. В настоящее время в крупных промышленных городах обычно создаются централизованные базы УСП, которые на начало проката обслуживают группу машиностроительных заводов. Такой порядок оказывается весьма эффективным, тем более что УСП успешно применяются при сборке и на различных контрольных операциях.

Выбор для завода той или иной системы оснастки должен вестись с учетом следующих экономических соображений.

1. В крупносерийном, а тем более в массовом производстве с малой и редкой сменяемостью типоразмеров деталей на каждом станке применение и УНП, и УСП нецелесообразно — в этих случаях оправдано использование специальных приспособлений.

2. В среднесерийном производстве, где число переналадок колеблется от 4 до 24, вполне применимы УНП, особенно с силовым приводом.

3. В мелкосерийном производстве с устойчивой на протяжении 2–3 лет номенклатурой выпускаемых изделий также экономически оправдано применение УНП; при относительно частой (через 1–1,5 года) смене номенклатуры предпочтение следует отдать системе УСП.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Абызов А. П.* Технологическая оснастка. — Набережные Челны: Изд-во Камского политехнического института, 2001. — 524 с.
- Аверченков В. И., Ильицкий В. Б.* Автоматизация проектирования приспособлений. — Брянск: БГТУ, 1989. — 173 с.
- Автоматические линии в машиностроении. Справочник / Под ред. А. И. Дашенко, Г. А. Навроцкого. — М.: Машиностроение, 1950. — 480 с.
- Андреев Г. Н., Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г.* Проектирование технологической оснастки. — М.: Стаанкин, 1996. — 426 с.
- Ансеров М. А.* Приспособления для металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1975. — 656 с.
- Ансеров М. А.* Приспособления для метелорежущих станков. — Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1975. — 654 с.
- Ансеров М. А., Бутковский Б. Д.* Приспособления для фрезерных станков. — Л.: Машиностроение, 1953.
- Антонюк В. Е.* Конструктору станочных приспособлений. — Минск: Беларусь, 1991. — 399 с.
- Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя. — М.: Машиностроение, 1980. — Т. 1. — 728 с.; Т. 2. — 560 с.; Т. 3. — 560 с.
- Бабушкин А. З., Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г.* Технология изготовления метелообрабатывающих станков и автоматических линий. — М.: Машиностроение, 1981. — 270 с.
- Базров Б. М., Сорокин А. И., Губарь В. А.* и др. Альбом по проектированию приспособлений. — М.: Машиностроение, 1991. — 120 с.
- Балакшин Б. С.* Основы технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1969. — 560 с.
- Балакшин Б. С.* Теория и практика технологии машиностроения. — М.: Машиностроение, 1982. — Кн. 1. — 288 с.; Кн. 2. — 268 с.
- Бирюков В. Д., Довженко А. Ф., Колчаненко В. В.* и др. Переналаживаемая технологическая оснастка. — М.: Машиностроение, 1988. — 254 с.
- Блюмберг В. А., Близнюк В. П.* Переналаживаемые станочные приспособления. — Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1978. — 360 с.
- Болотин Х. А., Костромин Ф. П.* Механизация и автоматизация станочных приспособлений. — М.: Машгиз, 1962. — 285 с.



- Бояришинов С. В., Кулешова З. Г., Шатилова А. А.* Деформации заготовок при закреплении в станочных приспособлениях и точность обработки. — М.: Машиностроение, 1983. — 44 с.
- Власов С. Н., Позднеев Б. М., Черпаков Б. И.* Транспортные и загрузочные устройства и робототехника. — М.: Машиностроение, 1988. — 143 с.
- Гжиров Р. И., Гречишников В. А., Логошев В. Г.* и др. Инструментальные системы автоматизированного производства. — СПб.: Политехника, 1993. — 392 с.
- Гибкие производственные комплексы / Под ред. Н. П. Белянина, В. Н. Лещенко. — М.: Машиностроение, 1984.
- Гибкие производственные системы сборки / Под ред. А. И. Федотова. — Л.: Машиностроение, 1989. — 392 с.
- Гибкие производственные системы Японии / Пер. с яп. А. Л. Семенова; под ред. Л. Ю. Лицинского. — М.: Машиностроение, 1987. — 232 с.
- Гибкие сборочные системы / Под ред. У. Б. Хзгинботома; пер. с англ. Д. Ф. Миронова; под ред. А. М. Покровского. — М.: Машиностроение, 1988. — 400 с.
- Горошкин А. К.* Приспособления для металлорежущих станков / Справочник. — М.: Машиностроение, 1979. — 303 с.
- Гусев А. А.* Адаптивные устройства сборочных машин. — М.: Машиностроение, 1979. — 208 с.
- Замятин В. К.* Технология и оснащение сборочного производства машиностроения. — М.: Машиностроение, 1995. — 607 с.
- Заплетохин В. А.* Конструирование соединений деталей в приспособлении. Справочник. — Л.: Машиностроение, 1985. — 223 с.
- Звяновский Ю. С.* Проектирование приспособлений для инструментального производства. — Краснодар, 2000. — 169 с.
- Ильицкий В. Б., Микитянский В. В., Сердюк Л. М.* Станочные приспособления. Конструкторско-технологическое обеспечение эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 208 с.
- Козырев Ю. Г.* Промышленные работы / Справочник. — М.: Машиностроение, 1985. — 368 с.
- Козырев Ю. Г.* Промышленные работы / Справочник. — М.: Машиностроение, 1983. — 374 с.
- Константинов О. Я.* Магнитная технологическая оснастка. — Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1974. — 382 с.
- Корсаков В. С.* Основы конструирования приспособлений в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1974. — 288 с.
- Корсаков В. С.* Основы конструирования приспособлений в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1983. — 277 с.
- Косов Н. П.* Станочные приспособления для деталей сложных форм. — М.: Машиностроение, 1973. — 243 с.
- Кузнецов Ю. И.* Конструкции приспособления для станков с ЧПУ. — М.: Высшая школа, 1988. — 303 с.
- Кузнецов Ю. И.* Современные отечественные станочные приспособления. — М.: НИИ МАШ, 1978. — 62 с.
- Кузнецов Ю. И.* Технологическая оснастка к станкам и программным управлениям. — М.: Машиностроение, 1976. — 224 с.
- Кузнецов Ю. И., Кухарец А. В.* Новые зажимные механизмы станков-автоматов. — Киев: Техника, 1979. — 216 с.
- Кузнецов Ю. И., Маслов А. П., Байков А. Н.* Оснастка для станков с ЧПУ / Справочник. — М.: Машиностроение, 1983. — 359 с.
- Лебедев А. С.* Патроны для токарных автоматов и полуавтоматов. — М.: Машиностроение, 1979. — 45 с.
- Лебедевский М. С., Вейц В. Л., Федотов А. И.* Научные основы автоматической сборки. — Л.: Машиностроение, 1985. — 316 с.



- Малов А. Н., Шатилов А. А., Степанян А. Г. Станочные приспособления. В 5 т. — М.: Машиностроение, 1977. — Т. 4. — С. 353–569.
- Маталин А. А. Технология машиностроения. — СПб.: Лань, 2010. — 512 с.
- Научные основы автоматизации сборки машин / Под ред. М. П. Новикова. — М.: Машиностроение, 1976. — 472 с.
- Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г. Технология станкостроения. — М.: Машиностроение, 1990. — 256 с.
- Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. — М.: Машиностроение, 1980. — 591 с.
- Плашей Г. И., Марголин Г. У., Пирович Л. Я. Конструкции приспособлений агрегатных станков и автоматических линий. Альбом. — М.: Машиностроение, 1990. — 239 с.
- Прогрессивные технологические процессы в автостроении. Механическая обработка. Сборка / Под ред. С. М. Степашкина. — М.: Машиностроение, 1980. — 320 с.
- Соломенцев Ю. М., Жуков К. П., Павлов Ю. А. и др. Роботизированные промышленные комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении. Альбом. — М.: Машиностроение, 1986. — 190 с.
- Соломенцев Ю. М., Жуков К. П., Павлов Ю. А. Промышленные работы в машиностроении. Альбом. — М.: Машиностроение, 1987. — 140 с.
- Соломенцев Ю. М., Сосонкин В. Л. Управление гибкими производственными системами. — М.: Машиностроение, 1988. — 352 с.
- Справочник конструктора-инструментальщика / Под ред. В. И. Баранчикова. — М.: Машиностроение, 1994. — 58 с.
- Справочник металлиста. В 5 т. / Под ред. Б. Л. Богуславского. — М.: Машиностроение, 1978. — Т. 5. — 673 с.
- Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т. 1. — 656 с.; Т. 2. — 496 с.
- Справочные приспособления. Справочник. В 2 т. / Под ред. Б. Н. Вардашкина. — М.: Машиностроение, 1984. — Т. 1. — 591 с.; — Т. 2. — 594 с.
- Степанов Ю. С., Афоняев Б. И., Схиртладзе А. Г. и др. Альбом контрольно-измерительных приспособлений. — М.: Машиностроение, 1997. — 283 с.
- Суллов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. — М.: Машиностроение, 1987. — 208 с.
- Схиртладзе А. Г. Оправки с подвижными резцедержателями. — М.: МГЦНТИ, 1982. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г. Работа оператора на станках с программным управлением. — М.: Высшая школа, 1988. — 190 с.
- Схиртладзе А. Г. Регулируемые направляющие опоры для зенкирования и развертывания отверстий. — М.: МГЦНТИ, 1982. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г. Станочник широкого профиля. — М.: Высшая школа, 1989. — 464 с.
- Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств. В 2 ч. — М.: МГТУ «Станкин», 1998. — Ч. 1. — 598 с.; — Ч. 2. — 615 с.
- Схиртладзе А. Г., Бороздин В. Е. Приспособление для зажима оправки. — М.: ГОСИНТИ, 1975. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Зверовщиков В. З., Скрябин В. А. Технологические автоматизированные системы механической сборки. — Пенза: ПГТУ, 1998. — 205 с.
- Схиртладзе А. Г., Зубарев Ю. М., Куцанов Л. А. Основы технологии механической обработки. — СПб., 1994. — 150 с.
- Схиртладзе А. Г., Коневцов Л. А. Приспособление для установки спутников на станки с ЧПУ. — М.: ГОСИНТИ, 1978. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Лукашенко В. А. Регулируемые опоры для станков с ЧПУ. — М.: ГОСИНТИ, 1976. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Матвеев А. И., Андреев Г. Н. и др. Технология токарной обработки. — Тверь: ТвГТУ, 1997. — 544 с.
- Схиртладзе А. Г., Матвеев А. И., Бурдо Г. Б. и др. Приспособление агрегатных станков и автоматических линий. Альбом. — Тверь: ТвГТУ, 1995. — 97 с.



- Схиртладзе А. Г., Вороненко В. П., Борискин В. П.* Проектирование станочных систем в машиностроении. — Старый Оскол: ТНТ, 2011. — 432 с.
- Схиртладзе А. Г., Новиков В. Ю., Тананин А. И.* Станочное оборудование машиностроительного производства. В 2 т. — Ижевск: ИжГТУ, 1993. — Т. 1. — 263 с.; — Т. 2. — 155 с.
- Схиртладзе А. Г., Новиков В. Ю., Тулаев Ю. И.* Технологическое оборудование машиностроительных производств. В 2 т. — М.: Станкин, 1997. — Т. 1. — 311 с.; — Т. 2. — 211 с.
- Схиртладзе А. Г., Борискин В. П.* Технологическая оснастка машиностроительных производств. — Старый Оскол: ТНТ, 2008. — Т. 1. — 548 с.
- Схиртладзе А. Г., Петрухин В. Л.* Оправка для центрирования приспособлений к многоцелевым станкам с ЧПУ. — М.: ГОСИНТИ, 1976. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Соколов В. И., Скрябин В. А.* и др. Автоматизация и автоматизированная технология машиностроительного производства. — Пенза: ШТУ, 1996. — 173 с.
- Схиртладзе А. Г., Соколов В. И., Фадеев В. А.* Металлорежущие станки с программным управлением и подготовка программ. — Харьков: ХПИ, 1992. — 248 с.
- Схиртладзе А. Г., Соколов В. И., Фадеев В. А.* Технологические основы обработки деталей станков. — Киев: Высшая школа, 1991. — 327 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Вспомогательный инструмент из унифицированных модулей с РК-профильным соединением базового и сменного агрегата. — М.: МГЦНТИ, 1989. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Вспомогательный инструмент с РК-профильным соединением для расточных станков. — М.: МГЦНТИ, 1988. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Модульные инструментальные системы с профильным соединением для станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы. — М.: МГЦНТИ, 1989. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Наладки агрегатных станков для крепления сверл с РК-профильными станками. — М.: МГЦНТИ, 1988. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Осевые фиксаторы для фиксации деталей профильных соединений. — М.: МГЦНТИ, 1988. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* Сборочные расчетные оправки с РК-профильным соединением. — М.: МГЦНТИ, 1988. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Шлыков В. Я.* Приспособление для зацепления валов. — М.: ГОСИНТИ, 1976. — 4 с.
- Схиртладзе А. Г., Тимченко А. И.* РК-профильная расточная скалка с изменяющейся жесткостью. — М.: МГЦНТИ, 1988. — 4 с.
- Технологическая оснастка многократного применения / Под ред. Д. И. Полякова. — М.: Машиностроение, 1981. — 401 с.
- Точность и производственный контроль в машиностроении. Справочник / Под общ. ред. А. К. Кутая. — Л.: Машиностроение, 1983. — 368 с.
- Уткин Н. Ф.* Приспособления для механической обработки. — Л.: Лениздат, 1983. — 175 с.
- Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 г. № 102 «Об обеспечении единства измерений».
- Шатилов А. А.* Элементарные зажимные механизмы станочных приспособлений. — М.: Машиностроение, 1981. — 47 с.
- Шубников К. В.* Унифицированные перенастраиваемые станочные приспособления. — Л.: Машиностроение, 1973. — 208 с.
- Ярушин С. Г., Схиртладзе А. Г.* Технологические процессы машиностроительного производства. — Пермь: ПГТУ, 1996. — 247 с. — <http://www.metobr-expo.ru/ru/history/mo2011>.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. Основные понятия и определения. Виды технологической оснастки и методы ее проектирования .....	6
1.1. Понятие технологической оснастки. Роль технологической оснастки в подготовке производства .....	6
1.2. Классификация приспособлений .....	8
1.3. Техничко-экономическое обоснование применения приспособлений .....	11
1.4. Основные элементы приспособлений .....	13
1.5. Установка заготовок в приспособлении .....	14
1.6. Погрешности обработки заготовок в приспособлениях .....	17
1.7. Исходные данные и задачи конструирования приспособлений .....	19
1.8. Нормализация и стандартизация приспособлений .....	22
2. Составные элементы оснастки и их функции .....	24
2.1. Установочные элементы приспособлений .....	26
2.2. Зажимные механизмы .....	32
2.3. Самоцентрирующие устройства .....	36
2.4. Элементы приспособлений для определения положения и направления инструментов .....	38
2.5. Корпуса и вспомогательные механизмы .....	44
2.6. Вспомогательные элементы .....	53
3. Расчет необходимой точности и выбор базирующих и координирующих устройств ..	55
3.1. Погрешность установки заготовок в установочных, зажимных и самоцентрирующих элементах .....	55
3.2. Возможность установки заготовок на пальцы .....	67
3.3. Кондукторные втулки, конструкция, особенности применения .....	70
3.4. Расчет кондукторов .....	75
3.5. Расчет точности делительных устройств .....	76
4. Выбор зажимных устройств и расчет сил закрепления .....	84
4.1. Порядок составления расчетной схемы .....	84
4.2. Основные варианты расчетных схем .....	85
4.3. Элементарные зажимные устройства, их конструкция, расчет и особенности применения .....	89
4.4. Комбинированные зажимы .....	108
5. Выбор и расчет силовых устройств .....	112
5.1. Классификация силовых приводов приспособлений .....	112
5.2. Пневматические приводы .....	113
5.3. Гидравлические приводы .....	123
5.4. Электромеханические приводы .....	128
5.5. Вакуумные приводы .....	130
5.6. Электромагнитные приводы .....	131



5.7. Центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся частей станка и сил резания . . . . .	133
6. Разработка конструктивного исполнения технологической оснастки . . . . .	136
6.1. Последовательность проектирования приспособлений . . . . .	136
6.2. Исходная информация при проектировании . . . . .	137
6.3. Разработка технического задания на проектирование . . . . .	138
6.4. Расчеты приспособлений на точность и жесткость . . . . .	141
6.5. Способы установки приспособлений на оборудовании . . . . .	159
6.6. Оформление сборочного чертежа . . . . .	161
7. Приспособления для станков с ЧПУ . . . . .	162
7.1. Особенности приспособлений для станков с ЧПУ . . . . .	162
7.2. Приспособления для токарных станков . . . . .	165
7.3. Приспособления для фрезерных, сверлильных и расточных станков . . . . .	172
7.4. Приспособления для многоцелевых станков . . . . .	175
7.5. Приспособления для автоматических линий . . . . .	177
7.6. Приспособления для промышленных роботов . . . . .	183
8. Вспомогательный инструмент. Особенности проектирования универсальных и адаптивных сборочных приспособлений и инструмента . . . . .	191
8.1. Классификация вспомогательного инструмента и его основные элементы . . . . .	192
8.2. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы . . . . .	194
8.3. Расчет точности и жесткости вспомогательного инструмента . . . . .	213
8.4. Назначение и типы сборочных приспособлений . . . . .	214
8.5. Элементы сборочных приспособлений . . . . .	217
9. Системы автоматизированного контроля деталей и диагностика состояния режущих инструментов автоматизированного производства . . . . .	220
9.1. Классификация средств измерения . . . . .	222
9.2. Первичные преобразователи автоматических средств контроля и измерения . . . . .	223
9.3. Установка деталей при измерении и контроле . . . . .	228
9.4. Измерительные системы автоматизированного оборудования . . . . .	228
9.5. Устройства для размерной настройки инструмента и контроля его состояния . . . . .	232
9.6. Автоматические устройства для контроля деталей в процессе обработки . . . . .	239
9.7. Контрольно-сортировочные автоматы . . . . .	241
9.8. Выбор средств измерений . . . . .	242
10. Загрузочно-ориентирующие устройства и их расчет . . . . .	243
10.1. Бункеры и предбункеры . . . . .	243
10.2. Лотки . . . . .	246
10.3. Механизмы ориентирования заготовок . . . . .	252
10.4. Классификация автооператоров . . . . .	272
10.5. Загрузочно-разгрузочные устройства робототехнических комплексов . . . . .	274
10.6. Лотковые загрузочные устройства . . . . .	276
11. Методика расчета экономической эффективности применения технологической оснастки . . . . .	281
11.1. Техничко-экономическое обоснование применения станочных приспособлений . . . . .	281
11.2. Техничко-экономическое сопоставление различных видов инструментальной оснастки . . . . .	284
11.3. Экономика использования технологической оснастки . . . . .	291
Библиографический список . . . . .	298



Олег Игоревич ТАРАБАРИН  
Анатолий Петрович АБЫЗОВ  
Виталий Борисович СТУПКО

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Учебное пособие*

*Издание второе,  
исправленное и дополненное*

Зав. редакцией инженерно-технической  
литературы *В. А. Моисеева*  
Корректор *Н. А. Тондель*  
Подготовка иллюстраций *Е. В. Ляпусова*  
Верстка *Л. Е. Голод*  
Выпускающие *О. И. Смирнова, Е. П. Королькова*

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.07.953.П.007216.04.10  
от 21.04.2010 г., выдан ЦГСЭН в СПб

**Издательство «ЛАНЬ»**  
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com  
192029, Санкт-Петербург, Общественный пер., 5.  
Тел./факс: (812) 412-29-35, 412-05-97, 412-92-72.  
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

### ГДЕ КУПИТЬ

#### ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

*Для того, чтобы заказать необходимые Вам книги, достаточно обратиться  
в любую из торговых компаний Издательского Дома «ЛАНЬ»:*

**по России и зарубежью**  
«ЛАНЬ-ТРЕЙД». 192029, Санкт-Петербург, ул. Крупской, 13  
тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93  
e-mail: trade@lanbook.ru; ICQ: 446-869-967  
www.lanpbl.spb.ru/price.htm

**в Москве и в Московской области**  
«ЛАНЬ-ПРЕСС». 109263, Москва, 7-я ул. Текстильщиков, д. 6/19  
тел.: (499) 178-65-85; e-mail: lanpress@lanbook.ru

**в Краснодаре и в Краснодарском крае**  
«ЛАНЬ-ЮГ». 350072, Краснодар, ул. Жлобы, д. 1/1  
тел.: (861) 274-10-35; e-mail: lankrd98@mail.ru

#### ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

*интернет-магазины:*

**Издательство «Лань»:** <http://www.lanbook.com>  
«Сова»: <http://www.symplex.ru>; «Ozon.ru»: <http://www.ozon.ru>  
«Библион»: <http://www.biblion.ru>

Подписано в печать 18.02.13.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100<sup>1/16</sup>.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 24,70. Тираж 1000 экз.

Заказ № .

Отпечатано в ОАО «Первая образцовая типография»,  
филиал «Чеховский Печатный Двор» в полном соответствии  
с качеством предоставленных материалов  
142300, Московская обл., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1  
Тел.: (495) 988-63-76, факс: 8 (496) 726-54-10

