

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский
университет)»

Маслов А.Р.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Конспект лекций

Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО МГТУ им. Н.Э. Баумана

2023

Содержание

Характеристики ТС. Основные определения. Классификация станочных приспособлений.....	
Технологическое обеспечение качества деталей.....	
Анализ исходных данных при проектировании приспособлений.....	
Параметры режущего инструмента и факторы процесса обработки заготовок	
Обрабатываемость материала заготовки и ее характеристики.....	
Расчет сил, действующих на заготовку.....	
Методика проектирования станочных приспособлений.....	
Приводы приспособлений (часть 1).....	
Приводы приспособлений (часть 2).....	
Расчет и выбор специальных приспособлений.....	
Универсальные приспособления для токарных станков.....	
Крутящий момент и сила подачи, действующие на заготовку.....	
Системы вспомогательного инструмента.....	
Расчет размеров и допускаемых отклонений агрегатированных станочных приспособлений (АСП).....	
Расчет замыкающего звена размерной цепи при установке АСП на станок.....	
Примеры разработок АСП.....	
Заключительное занятие. Подготовка к экзамену.....	

ЛЕКЦИЯ 1

1.1 Характеристики технологической системы

Технологическая система понимается как **совокупность механических составляющих** (узлов и заготовок) оборудования, приспособлений, инструментов, заготовок и **процессов, происходящих в ходе технологического воздействия**.

Цель создания ТС: создание изделия заданной формы с требуемыми показателями качества и эксплуатационной надежности.

Виды достижения целей: **удалить** (отрезать, отрубить), **сдеформировать** (согнуть, обжать, принять форму штампа), **получить литьем** (занять пространство литейной формы), **добавить** (припаять, собрать неразъемными соединениями, наплавить, приварить)

Так как действие равно противодействию, то ТС для механической обработки должна **сопротивляться силам, возникающим при удалении или деформации материала заготовки**.

Виды сил: статические, например «вес», силы резания, переменные по величине и направлению (автоколебания), центробежные силы, динамические силы в результате возникновения колебаний (вибраций) от внешних источников.

Элементы ТС как правило, это не абсолютно жесткие тела, а податливые, подверженные упругим деформациям, но в пределах сохранения своих функций. И это необходимо, как условие постоянства показателей ТС во времени.

Упругие деформации элементов ТС могут быть объемными (изгиб, скручивание) и контактными в местах соприкосновения поверхностей (стыках).

К основным элементам ТС относятся (рис. 1).



Рис. 1. Основные элементы ТС

1.2. Основные определения

В соответствии с ГОСТ 3.1109-82 средства технологического оснащения (СТО) – совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса.

СТО включают в себя:

- а) технологическое оборудование – станки, сборочные стенды, стапели, контрольно-испытательное оборудование;
- б) технологическую оснастку – режущий, вспомогательный и мерительный инструмент и приспособления;
- в) средства механизации и автоматизации производственных процессов – подъемно-транспортные устройства, роботы, манипуляторы и др.

По ГОСТ 3.1109-82 приспособление – это технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда (заготовки) или обрабатывающего инструмента при выполнении технологической операции.

Приспособлениями в машиностроении называются вспомогательные устройства, используемые для выполнения операций механической обработки, сборки и контроля изделий.

Применение приспособлений способствует:

- а) снижению уровня брака обрабатываемых заготовок;
- б) повышению производительности труда и его безопасности;
- в) уменьшению затрат на технологическую подготовку производства.

Повышение производительности труда достигается путем:

- а) исключения обработки по разметке заготовок;
- б) сокращения подготовительно-заключительного и вспомогательного времени в результате одновременного применения нескольких обрабатывающих инструментов;
- в) возможности увеличить режимы резания за счет повышения надежности закрепления заготовок.

Применение автоматизированных приспособлений совместно с управляющими и транспортирующими устройствами является одним из эффективных направлений автоматизации универсального технологического оборудования.

Использование приспособлений снижает затраты на изготовление изделий, однако целесообразность применения приспособлений в конкретном случае должна обосновываться экономическим расчетом.

По целевому назначению приспособления делят на пять групп:

1. Станочные приспособления для установки (осуществления процессов базирования и закрепления) обрабатываемых заготовок, то есть для связи заготовки с металлорежущим станком.

2. Станочные приспособления для установки и регулирования режущего инструмента (вспомогательный инструмент). Они играют роль связующего звена между режущим инструментом и металлорежущим оборудованием.

3. Сборочные приспособления для выполнения соединений сопрягаемых деталей в сборочные единицы и изделия.

4. Контрольно-измерительные приспособления, используемые для контроля геометрических параметров изготавливаемого изделия в производственных условиях с требуемой точностью и производительностью.

5. Приспособления для контроля состояния технологической системы (контроля геометрической точности, измерения относительной жесткости узлов и т.п.).

В машиностроении отводится значительная роль станочным приспособлениям. Если стоимость многоцелевого фрезерного станка с ЧПУ принять за 100%, то стоимость комплекта режущих инструментов составляет 5-7%, а станочных приспособлений, в основном вспомогательного инструмента – более 15%.

1.3. Классификация станочных приспособлений

При использовании станочных приспособлений решаются следующие задачи:

- а) установка обрабатываемых заготовок и режущего инструмента в технологической системе методом полной взаимозаменяемости, что дает возможность автоматического получения заданных размеров заготовок;
- б) повышение производительности труда за счет механизации и автоматизации процесса смены и закрепления обрабатываемых заготовок и режущего инструмента;
- в) расширение технологических возможностей металлорежущего оборудования за счет применения вспомогательного инструмента для многоинструментной обработки, создания дополнительных осей положения режущего инструмента и расширения диапазона часто его вращения.

По технологическому признаку различают станочные приспособления:

- а) сверлильные и расточные;
- б) фрезерные;
- в) токарные
- г) шлифовальные и заточные;
- д) протяжные;
- е) зуборезные.

По степени специализации различают станочные приспособления:

а) универсальные станочные приспособления (УСП), предназначенные для обработки широкой номенклатуры заготовок.

Многие из этих приспособлений являются устройствами, которые поставляются вместе со станками (тиски, токарные патроны, делительные головки, магнитные плиты, поворотные столы и др.);

б) агрегатированные станочные приспособления (АСП), предназначенные для обработки заготовок различных типоразмеров, близких по конструктивно-технологическим признакам (например, корпусных). Такие приспособления состоят из базовой (постоянной) части и комплекта сменных

установочных и зажимных элементов и применяются на станках с ЧПУ в малосерийном многономенклатурном производстве заготовок (гибкое производство).

в) специальные станочные приспособления (ССП), которые используются для обработки определенной заготовки (чаще всего в серийном производстве).

Предлагаемая классификация представлена на рис. 2.

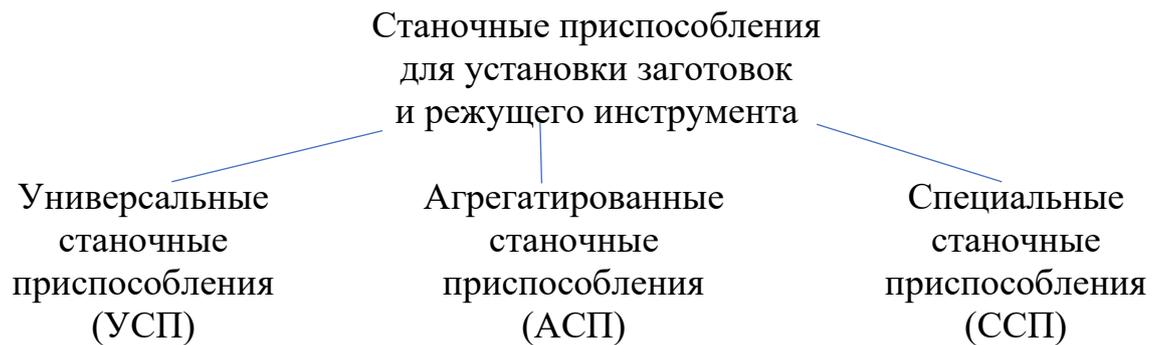


Рис. 2. Классификация станочных приспособлений

По степени механизации и автоматизации станочные приспособления бывают:

- а) ручные, при использовании которых все приемы установки и снятия заготовок выполняются вручную;
- б) механизированные, оснащенные каким-либо видом привода для механизации закрепления заготовок;
- в) полуавтоматические – приспособления, в которых все приемы, за исключением смены заготовок, автоматизированы;
- г) автоматические (с замкнутым циклом). Автоматизированы все приемы, приспособление управляется системой управления станка.

ЛЕКЦИЯ 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ

(общие положения и понятия)

Размерная цепь – совокупность размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное относительное положение поверхностей или осей поверхностей (расстояний и поворотов) детали или сборочной единицы. Размеры, образующие размерную цепь, называют звеньями размерной цепи. Линейные размерные цепи (звенья) обозначают прописными буквами русского алфавита (А, Б, ...), угловые размерные цепи – строчными буквами греческого алфавита β , γ , ... (кроме букв α , δ , ξ , λ , ω). Каждое звено размерной цепи нумеруют соответствующим индексом (1, 2, 3, ...).

Замыкающим называют звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения. Остальные звенья размерной цепи являются ее составляющими звеньями. Замыкающее звено (размер) принято отмечать индексом Δ (A_{Δ} , B_{Δ} и т.д.).

На схемах линейных размерных цепей звенья (размеры) условно обозначают двухсторонними стрелками, а угловые размеры – односторонними стрелками с направлением острия к базе (рис. 1).

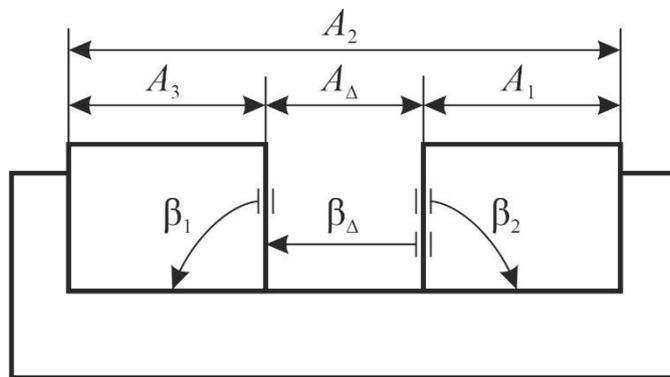


Рис. 1. Схема линейных, угловых размеров и обозначение звеньев

На рис. 2 приведена схема простейшего соединения «вал-отверстие», а также размерные цепи для расчета зазора A_{Δ} (A_3) и несоосности продольных осей вала и отверстия B_{Δ} (B_3).

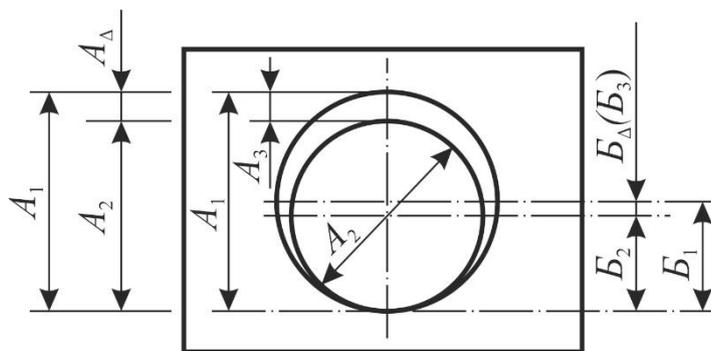


Рис. 2. Размерные цепи соединения «вал-отверстие»:

A_1 – диаметр отверстия; A_2 – диаметр вала; A_Δ (A_3) – величина зазора;

$B_1=0,5 A_2$; B_Δ (B_3) – величина несоосности вала и отверстия;

$$B_\Delta = B_1 - B_2 = 0,5 (A_1 - A_2)$$

Размерные цепи бывают линейными, плоскими и пространственными.

Размерная цепь **линейная** – цепь, звеньями которой являются линейные размеры, определяющие точность расстояния между поверхностями или осями деталей либо сборочных единиц.

Размерная цепь **плоская** – цепь, звенья которой расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях и могут быть спроецированы на одну плоскость без изменения их численных значений.

Размерная цепь **пространственная** – цепь, звенья которой расположены не в параллельных плоскостях.

Размерная цепь **угловая** – цепь, звеньями которой являются угловые размеры, определяющие точность относительного поворота поверхностей или осей деталей либо сборочных единиц.

Размерная цепь **основная** – цепь, замыкающим звеном которой является размер, обеспечивающий решение основной задачи.

Размерная цепь **производная** – цепь замыкающим звеном которой является одно из составляющих звеньев основной размерной цепи.

Размерные цепи **параллельно связанные** – цепи, в которых каждая последующая цепь имеет общую базу с предыдущей.

Размерная цепь **конструкторская** – цепь, определяющая положение деталей в машине, замыкающим звеном которой является расстояние или относительный поворот между поверхностями (или их осями) деталей в машине, а составляющими звеньями – размеры (линейные или угловые) входящих в нее деталей.

Размерная цепь **технологическая** – цепь, определяющая точность расстояния между поверхностями или осями поверхностей детали (заготовки), сборочной единицы либо относительный поворот поверхностей (осей) детали (заготовки) в процессе ее изготовления (обработки заготовки) или в процессе сборки. На рис. 3 приведена простейшая размерная цепь детали, при изготовлении которой необходимо обеспечить размер A_{Δ} (A_3).

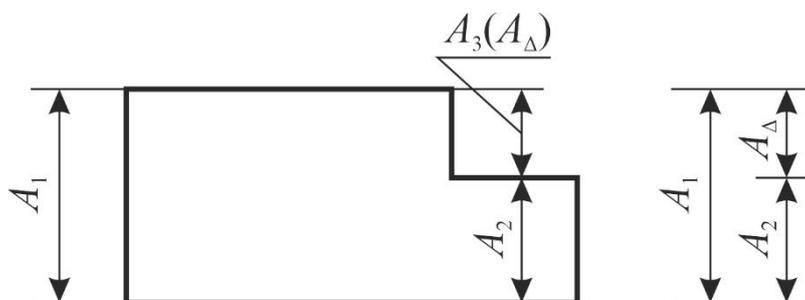


Рис. 3 Размерная цепь детали

Размерная цепь **измерительная** – цепь, замыкающим звеном которой является контролируемый размер готовой или изготавливаемой детали (заготовки), а составляющими звеньями – размеры измерительных приборов.

По характеру влияния на значение замыкающего звена составляющие звенья бывают увеличивающие и уменьшающие. Увеличивающим называют составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается, а уменьшающим – звено цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. Для размерных цепей, приведенных на рис. 2, при замыкающих звеньях A_{Δ} , B_{Δ} увеличивающими являются звенья $\overrightarrow{A_1}$, $\overrightarrow{B_1}$, а уменьшающими – $\overleftarrow{A_2}$, $\overleftarrow{B_2}$. Обозначают увеличивающее звено стрелкой над буквой, соответствующей звену, направленной вправо, уменьшающее звено – стрелкой, направленной влево.

Конечной целью расчета и анализа размерных цепей на этапе проектирования технологического процесса изготовления узла или детали является выбор наиболее экономичного метода и процесса изготовления, обеспечивающего заданную точность замыкающего звена размерной цепи. Для этого вначале необходимо выявить размерную цепь в соответствии с поставленной задачей. Выявление размерной цепи начинается с нахождения ее замыкающего звена, так как в нем заключен смысл решаемой задачи. Установив замыкающее звено, находят составляющие звенья размерной цепи и путем ее расчета решают прямую или обратную задачи.

Прямая задача (задача конструктора) состоит в следующем. Установлены требования к замыкающему звену размерной цепи (номинальный размер и предельные отклонения). Необходимо установить номинальные размеры, поля допусков, координаты середин полей допусков и предельные отклонения всех составляющих звеньев размерной цепи.

Обратная задача (задача технолога) состоит в следующем. Исходя из значений номинальных размеров, полей допусков, координат их середин, предельных отклонений составляющих звеньев определяют те же характеристики замыкающего звена. Таким образом, задача технолога – проверить правильность решения задачи конструктора и дать предложения по обеспечению требуемой точности замыкающего звена эффективным методом.

Технологические размерные цепи

Технологические размерные цепи необходимо выявлять (формировать) и рассчитывать для обеспечения точности изготовления деталей, точности сборки изделия и его узлов (сборочных единиц). Они могут отображать связи между операциями (переходами) технологического процесса, обеспечивающие получение заданного размера, или роль отдельных этапов операции (переходов, установов) в обеспечении точности размера.

На рис. 4 приведен пример размерных цепей технологического процесса, обеспечивающих по операциям размер A_{Δ} .

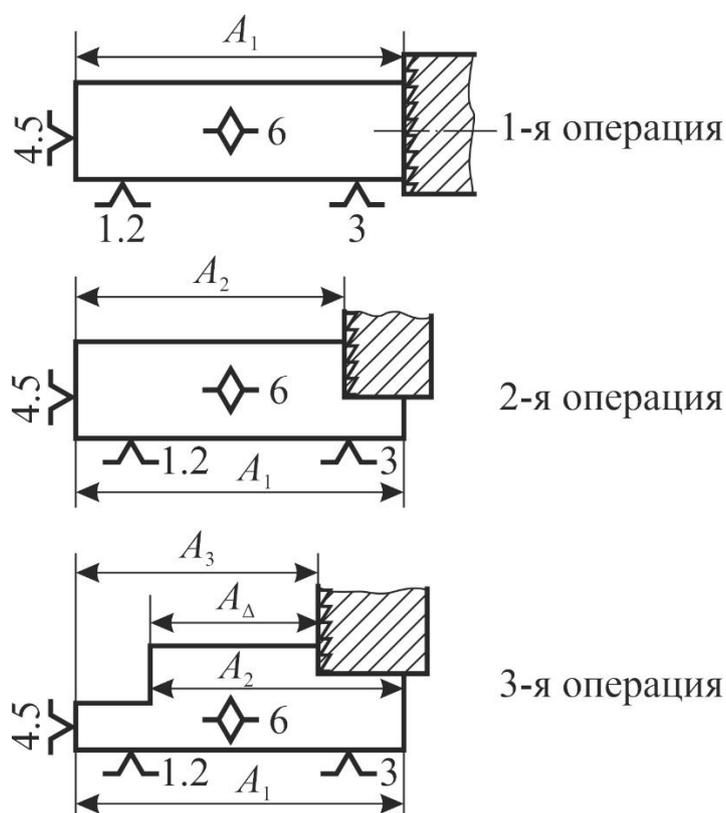


Рис. 4. Размерные цепи технологического процесса, обеспечивающие получение размера A_Δ

На первой операции фрезеруют торец заготовки в размер A_1 с базированием на противоположный торец. На второй операции (или переходе) фрезеруют уступ с базированием на тот же торец и с выдерживанием размера A_2 от базы. На третьей операции (переходе) заготовку переустанавливают, базируют по ранее обработанному торцу и обрабатывают второй (противоположный) уступ, выдерживая от базы размер A_3 .

Размер A_Δ формируется как замыкающее звено цепи $A_\Delta = A_3 + A_2 - A_1$.

Выявлять размерные цепи технологического процесса следует начиная с замыкающего (исходного) звена. По результатам анализа ТП устанавливают операцию, на которой формируется замыкающее звено. Затем выявляют составляющие звенья цепи, т.е. размеры, которые формируются на предшествующих операциях (переходах). При этом следует идти от последней из обработанных поверхностей, ограничивающей замыкающее звено, до технологической базы, от которой она получена. Затем аналогичным образом выявляют операционный размер, определяющий получение технологической

базы, и так далее до замыкания цепи с другой стороны. Цепи нумеруют в соответствии с последовательностью их получения. Первыми номерами определяют размеры заготовки, а затем определяют номера операционных и межпереходных размеров в соответствии с последовательностью выполнения технологических операций.

Размер на технологическом переходе формируется в процессе обработки заготовки как замыкающее звено размерной цепи технологической системы (технологического перехода) «станок – приспособление – инструмент – заготовка».

На рис. 5 приведен пример размерной цепи технологического перехода универсально-фрезерного станка, определяющей размер A_{Δ} детали.

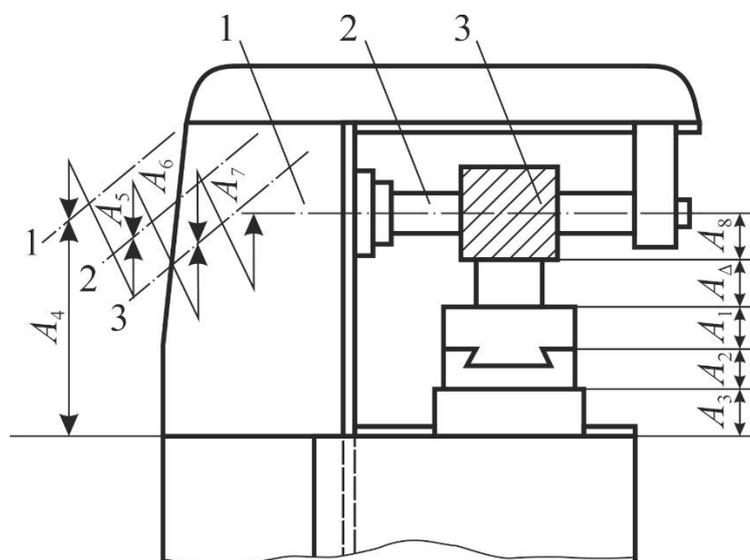


Рис. 5. Размерная цепь технологической системы (технологического перехода универсально-фрезерного станка): 1, 2, 3 – соответственно оси шпинделя станка, оправки и фрезы

Из размерной цепи следует, что размер A_{Δ} детали равен:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2 - A_3 + A_4 + A_5 - A_6 + A_7 - A_8$$

В процессе изготовления деталей, сборки и измерения применяют три метода получения и измерения линейных и угловых размеров – цепной, координатный и комбинированный.

Сущность **цепного метода** состоит в том, что каждый последующий размер (расстояние или поворот) получают или измеряют вслед за

предварительно полученным линейным или угловым размером. В качестве технологической или измерительной базы в этом случае служит связывающая их общая поверхность.

Цепной метод используют в тех случаях, когда на отдельных звеньях (линейных или угловых размерах) цепи требуется обеспечить более высокую точность, чем та точность, которую обеспечивают другие методы (координатный, комбинированный). При этом учитывают, что погрешность установки, вызванная сменой баз, небольшая, а переустановка не представляет особых трудностей.

Из приведенных выражений следует, что погрешности координатных звеньев увеличиваются по мере увеличения числа звеньев размерной цепи, образующих координатное звено.

Кроме рассмотренных методов снижения погрешностей обработки на станках с ЧПУ, для повышения точности их работы широко применяют методы, основанные на измерении погрешностей и их компенсации.

Первый метод заключается в компенсации систематической составляющей погрешностей на основе информации, полученной аналитическими расчетами или экспериментальными исследованиями. Управляющая программа может искажаться на этапе программирования или в процессе эксплуатации при редактировании программы вводом коррекций с пульта устройства ЧПУ.

При компенсации температурных деформаций на основе применения специальных обратных связей в качестве контролируемых параметров можно использовать: частоту вращения шпинделя, темп генерирования тепла в станке: изменение температуры характерных точек станка, смещение шпинделя станка: погрешность обработки детали.

Станок с ЧПУ характеризуется достаточно высокой точностью позиционирования рабочих органов. Поэтому широкое применение получил способ контроля обрабатываемых деталей непосредственно на станке. Система управления (регулирования) состоит из измерительного щупа,

установленного в шпинделе станка в револьверной головке или на столе станка, и системы обработки полученной информации и выдачи сигнала на подрегулирование (подналадку) технологической системы. Подналадка положения заготовки осуществляется соответствующей коррекцией управляющей программы.

Положение резца на станках токарной группы изменяют, смещая суппорт. Более сложно регулирование положения инструмента, закрепленного во вращающемся шпинделе. В этом случае применяют специальные план-суппортные головки или расточные оправки с приводом, обеспечивающим радиальное смещение инструмента.

На рис. 6 приведена схема установки контрольно-управляющей системы.

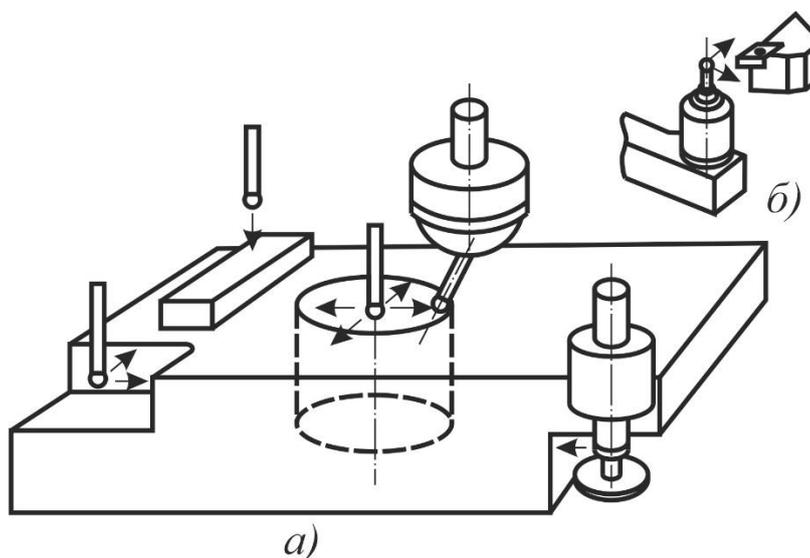


Рис. 6. Схема измерений обрабатываемой детали (а) и режущего инструмента (б) щупами

Для измерения детали щуп установлен в шпинделе станка. Для контроля размера и состояния (отсутствия выкрашивания режущей кромки) инструмента щуп установлен на столе станка. Сигналы с этих щупов поступают в блоки системы управления. Схемы измерения щупами показаны на рис. 7.

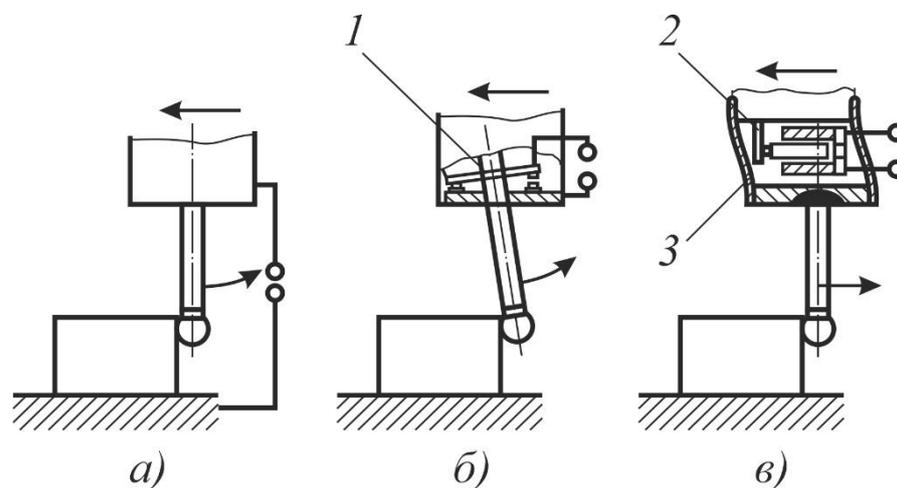


Рис. 7. Схема работы измерительных щупов:
 а – с внешним контактом; б – с внутренним контактом; в –
 индуктивного типа

По принципу работы измерительные щупы могут быть контактного (рис. 7, а, б) и индуктивного типов (рис. 7, в). Передача сигнала с измерительного щупа, установленного в шпинделе станка, в систему управления осуществляется бесконтактно-индуктивным способом или оптическим способом.

Схемы применения щупов на станках с ЧПУ приведены на рис. 9.

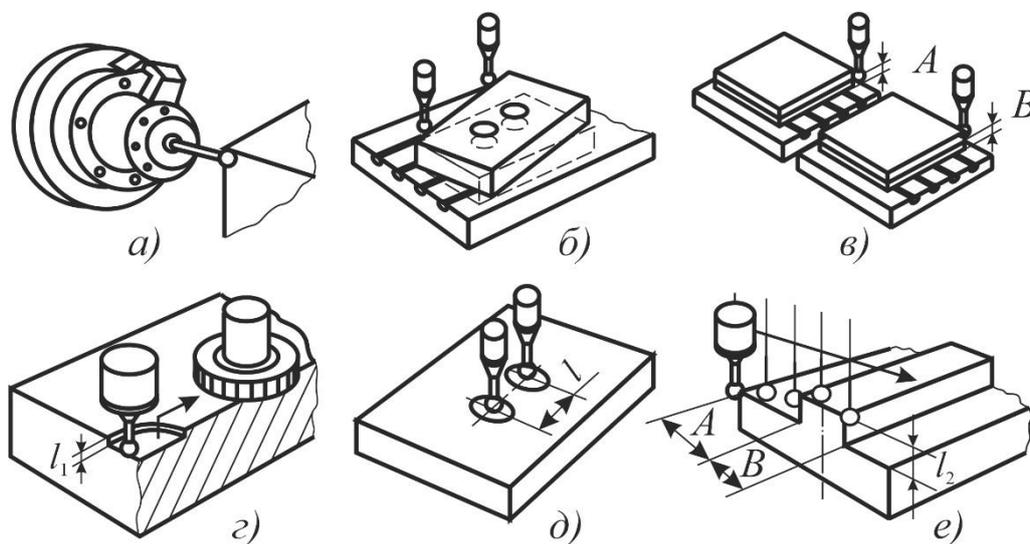


Рис. 8. Схемы применения щупов: на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ для измерения: а – установки нулевой точки; б – погрешности установки заготовки на столе; в – снимаемого припуска; г – припуска на чистой переход; д – межосевого расстояния; е – обработанной детали

ЛЕКЦИЯ 3

АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Исходные данные включают в себя чертеж объекта, устанавливаемого в приспособление, технические требования приемки объекта, операционные карты технологического процесса обработки объекта (заготовки) на станке с ЧПУ на ту операцию, для осуществления которой проектируется приспособление.

В процессе анализа исходных данных определяются: схема базирования объекта, его размеры и допустимые отклонения, шероховатость поверхностей; материал и его характеристики; технико-экономические показатели технологического оборудования (например, стола фрезерного станка, на котором должно быть установлено приспособление, Т-образные пазы с размерами и расстояниями между ними, посадочные места шпинделя фрезерного станка под установку вспомогательного инструмента и др.); комплект технологических и измерительных баз объекта; схема технологической наладки; точность обработки на данной операции; режимы резания; затраты штучного времени на операцию; тип производства, программа выпуска [1].

Размеры и форма объекта определяют габаритные размеры приспособления, его массу, материал и тип конструкции базовой детали. Допуски на размеры и шероховатость поверхностей объекта влияют на выбор установочных и зажимных элементов, а также их расположение. Тип технологического оборудования предопределяет комплект основных баз приспособления, которыми оно устанавливается. Заданная точность изготовления объекта на данной операции ограничивает допустимые погрешности базирования и закрепления объекта в приспособление, которые должны быть в несколько раз меньше погрешностей изготовления объекта.

Чаще всего базы из комплекта технологических баз заготовки на данную операцию представляют собой сочетание плоскости и двух цилиндрических отверстий. То есть у приспособления под заготовку должен быть комплект вспомогательных баз, образованных плоскостью и двумя цилиндрическими пальцами, один из которых будет ромбическим.

Схема технологической наладки и режимы резания позволяют определять действующие нагрузки, которые будет воспринимать объект, а, следовательно, и приспособление, во время операции. Это позволит рассчитать требуемый уровень сил зажима объекта и самого приспособления на столе технологической системы, а также сформулировать требования к прочности, жесткости и виброустойчивости приспособления.

Затраты времени на операцию определяют уровень быстродействия приспособления при установке и снятия объекта, в это, в свою очередь, оказывает влияние на кинематику приспособления и выбор типа привода.

Тип производства и программа выпуска во многом определяют уровень автоматизации приспособления, требования к износостойкости его элементов, использование в приспособлении унифицированных элементов.

Формулирование служебного назначения приспособления

Правильно сформулированное служебное назначение приспособления позволяет спроектировать приспособление с требуемыми показателями качества.

Определение служебного назначения приспособления основывается на качественном и количественном анализе исходной информации об операции технологического процесса и условий, в которых будет эксплуатироваться приспособление.

Формулировка служебного назначения приспособления должна включать: число объектов, устанавливаемых в приспособление; габаритные размеры объекта; комплект баз, по которым базируется объект; точность его установки; режимы резания, при которых приспособление будет эксплуатироваться.

Создание принципиальной схемы приспособления

Принципиальная схема приспособления представляет собой расположение установочных элементов, приложение сил зажима объекта, кинематику передачи усилия от силового привода к зажимным элементам.

Место расположения установочных элементов должно соответствовать используемому базированию объекта и расположению установочных элементов. Таким образом, выявляется число установочных элементов, которые должны располагаться по всем координатным плоскостям, построенным на комплекте баз объекта.

При разработке принципиальной схемы приспособления определяют наилучшее расположение установочных элементов каждой координатной плоскости. Например, для базирования заготовки на плоскость последняя должна иметь три установочных элемента. Расположить их на заданной плоскости можно по-разному. Выбирают такую схему их расположения, при которой были бы обеспечены наивысшая точность установки и наибольшая устойчивость базируемого объекта.

При выборе точек приложения сил зажима к объекту в первую очередь решают, на какие координатные плоскости, построенные на установочных элементах приспособления должно быть направлено силовое замыкание. С точки зрения надежности закрепления объекта рекомендуется силовое замыкание осуществлять на каждую из шести опор. Для упрощения приспособления желательно прикладывать силы зажима на одну плоскость, построенную на установочной базе. Следовательно, оценивают силы и моменты, действующие на объект во время процесса обработки детали и, исходя из выбранной схемы расположения установочных элементов, выбирают принципиальную схему приспособления.

Ниже приведены графики затрат времени на подготовку к использованию приспособлений УСП и АСП. В качестве примеров созданных приспособлений также приведены разработки в соответствии с принятой в данном курсе классификацией.

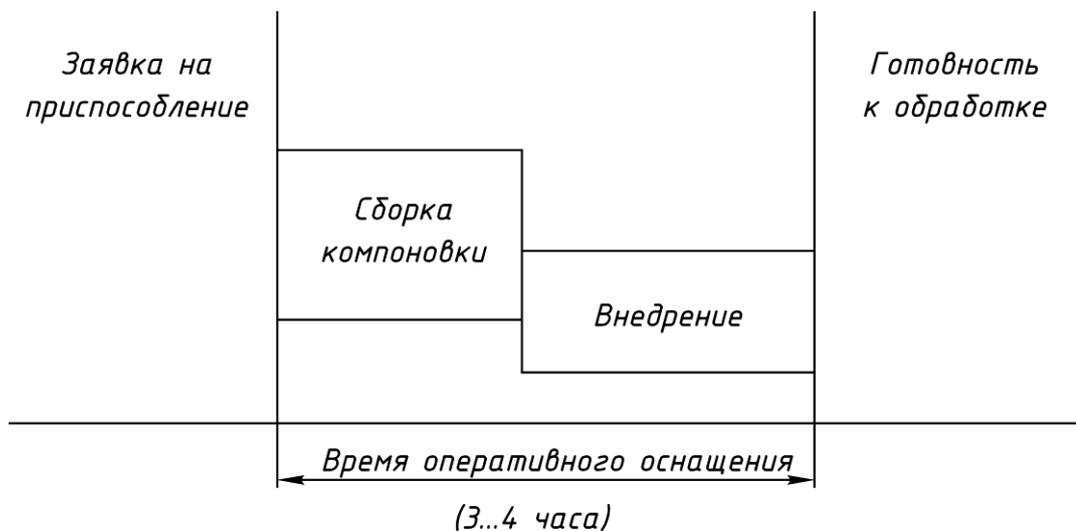


Рис. 1. Затраты времени на подготовку к использованию УСП

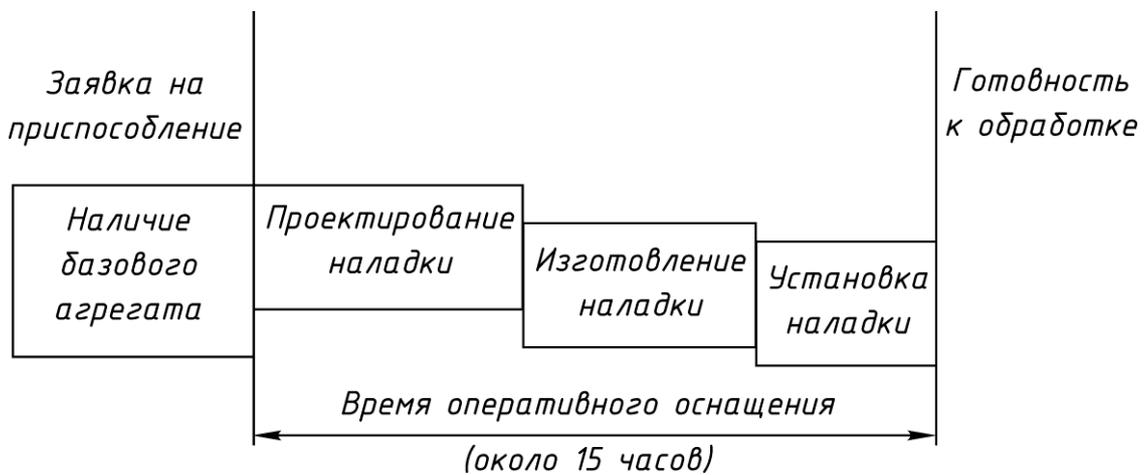


Рис. 2. Затраты времени на подготовку к использованию АСП

а) универсальные станочные приспособления (УСП)

Конструкция УСП представляет собой законченный неразборный механизм с постоянными (несъемными) установочными элементами для установки обрабатываемых заготовок по элементарным схемам базирования.

Типовыми представителями УСП являются универсальные станочные тиски, универсальные 3-кулачковые токарные патроны, в частности поводковые, универсальные поворотные и делительные столы и стойки, делительные головки, магнитные плиты. УСП целесообразно применять на станках в единичном и мелкосерийном производстве.

Патроны с торцевыми (плавающими) ножами не закрывают наружную поверхность заготовки и достаточно точно определяют положение торца всех заготовок партии (рис. 3).

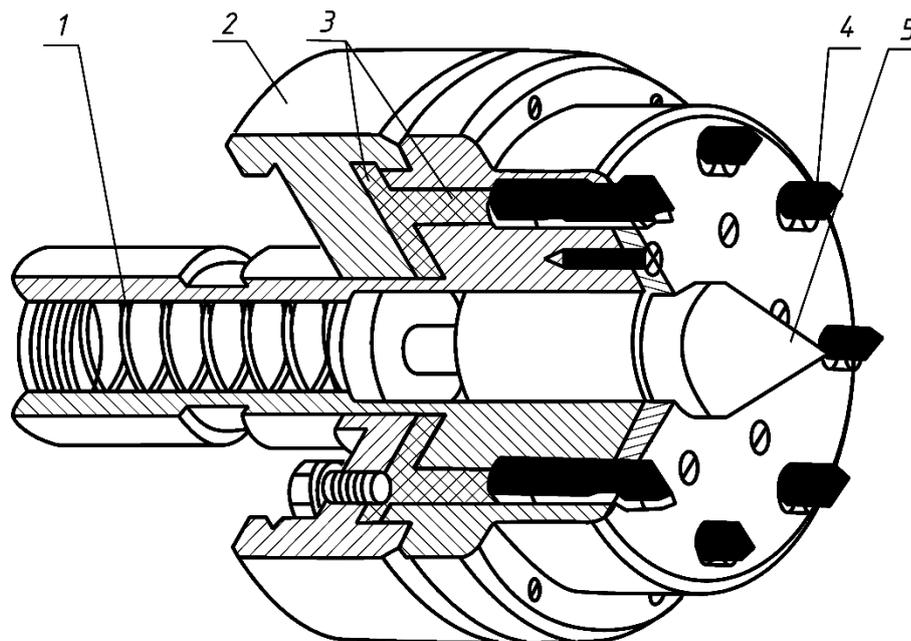


Рис. 3. Поводковый патрон с плавающими ножами: 1 – пружина; 2 – корпус; 3 – гидропласт; 4 – нож упора; 5 – центр

Постоянство силы нажатия заднего центра и высокая жесткость ножевых опор обеспечивают достаточно стабильное положение левого торца заготовок партии. Ножи выполнены в виде цилиндров, расположенных в гнездах корпуса оправки. Задние концы цилиндров входят в кольцевую полость, заполненную текучим пластиком (гидропластом).

При нажатии торцом вала на один из ножей давление на гидропласт возрастает, ножи, не имеющие контакта с торцом, смещаются вперед до тех пор, пока силы нажима на все ножи не станут одинаковыми. Такая конструкция обеспечивает по сравнению с жесткими ножами передачу большего крутящего момента.

б) агрегатированные станочные приспособления (АСП)

АСП представляет собой систему, состоящую из набора стандартных деталей и сборочных единиц, из которых komponуются различные приспособления одноцелевого назначения.

После использования приспособлений они разбираются, а детали возвращаются на склад и применяются при сборке других приспособлений. В основу системы АСП положена идея постоянного кругооборота стандартизованных деталей и сборочных единиц.

Фонд АСП составляет 15-25 тыс. деталей, из которых можно собрать 150-200 компоновок. Срок службы АСП – до 15 лет, а срок окупаемости – 2-3 года.

Основной компоновки АСП являются базовые детали (плиты, угольники, кольца). Разработаны три серии АСП в зависимости от габаритных размеров однотипных конструкций, крепежной резьбы, а также размеров Т-образных и шпоночных пазов:

- первая серия (малая) – паз 8Н7, резьба М8, используется на приборостроительных заводах;
- вторая серия (средняя) – паз 12Н7, резьба М12, применяется на заводах общего машиностроения;
- третья серия (крупная) – паз 16Н7, резьба М16, для заводов тяжелого машиностроения.

С целью обеспечения высокой износостойкости все детали АСП изготавливаются из качественных легированных и инструментальных сталей и подвергаются термообработке и последующему шлифованию всех поверхностей, поскольку одни и те же детали УСП выполняют различные

функции в различных приспособлениях и могут работать различными поверхностями.

Базовые и корпусные детали выполняются из стали 12ХНЗА. Установочные и направляющие элементы изготавливаются, как правило, из стали У8А или У12А с закалкой до твердости 48-55 НRC.

Подготовленное к использованию станочное приспособление из элементов АСП показано на рис. 4.

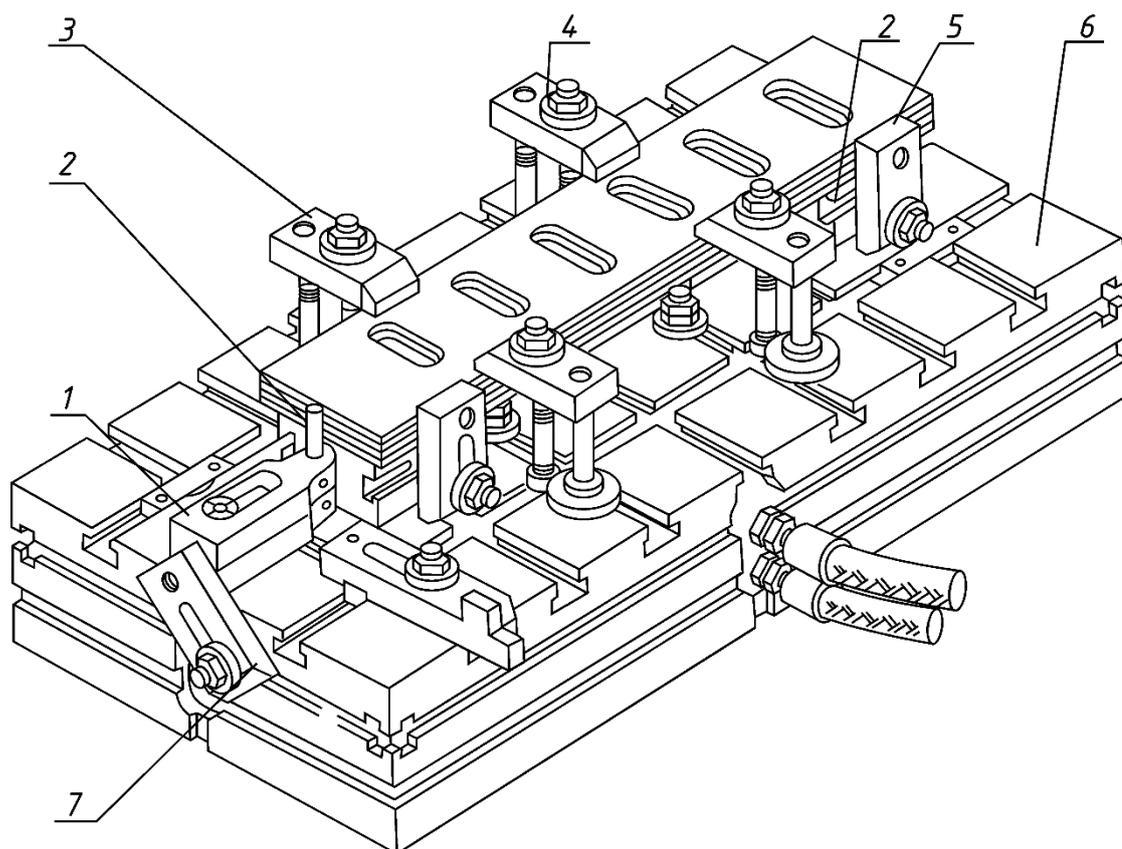


Рис. 4. АСП для обработки пазов сепаратора: 1 – опора с базовыми пальцами; 2 – базовые установочные пальцы; 3 – прихват; 4 – гайка крепления; 5 – базовые планки; 6 – базовая плита; 7 – планки

Система механизированных приспособлений для станков с ЧПУ (АСП - ЧПУ) является развитием системы АСП. Компоновки АСП - ЧПУ предназначены для установки заготовок на станках с ЧПУ фрезерной и сверлильной групп в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Основой комплектов АСП-ЧПУ являются гидравлические базовые плиты из комплекта АСП с сеткой пазов и встроенными гидроцилиндрами, а

также плиты без встроенных цилиндров. В последнем случае для механизации зажимов применяют различные сменные гидроцилиндры.

Компоновка включает четыре гидроприхвата на опорной базовой плите 4 с упорными базовыми элементами отличается простотой (рис. 5, а), причем гидроприхваты обеспечивают достаточно большие усилия при креплении заготовки и являются быстродействующими. Основой гидроприхвата (с прижимной планкой 2) является гидроцилиндр 3 (рис. 5, б).

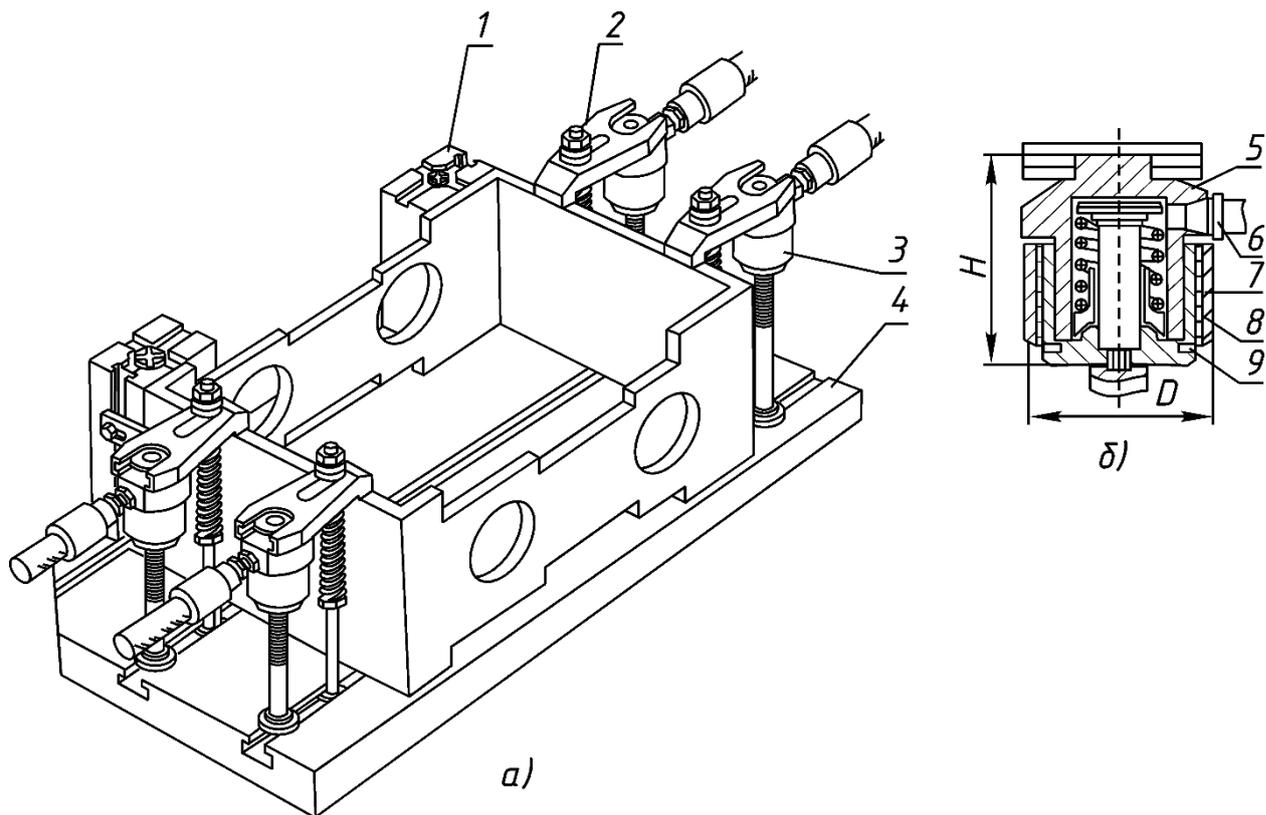


Рис. 5. Приспособление из элементов АСП–ЧПУ: а) общая компоновка; б) гидроцилиндр прихвата. 1 – корпусные элементы-упоры для базирования заготовки

Гидроцилиндр состоит из трех основных частей: корпуса 9, поршня 5 с возвратной пружиной 7 и фиксирующей гайки 8. При подаче масла под давлением через штуцер 6 поршень поднимается вместе с одним из концов планки, поворачивая ее относительно средней опоры (винт с гайкой). Происходит закрепление заготовки. После этого, вращая вручную гайку 8 с накатанной наружной поверхностью, поднимают ее до упора в торец поршня.

При снятом давлении масла в гидроцилиндре заготовка остается надежно закрепленной.

в) специализированные станочные приспособления (ССП)

Это приспособления, состоящие из специализированного базового агрегата и сменных наладок для установки родственных по конфигурации и технологии обработки заготовок с идентичными схемами базирования.

Базовые агрегаты ССП представляют собой законченные механизмы стандартной конструкции долговременного применения; они эксплуатируются до полного износа и со станка не снимаются.

Настройка ССП осуществляется или регулированием специальных рабочих элементов и заменой сменных элементов, или только заменой сменных элементов.

Например, приспособление, показанное на рис. 6, предназначено для установки заготовок деталей типа рычагов, которые базируются по плоскости и двум отверстиям при обработке по контуру.

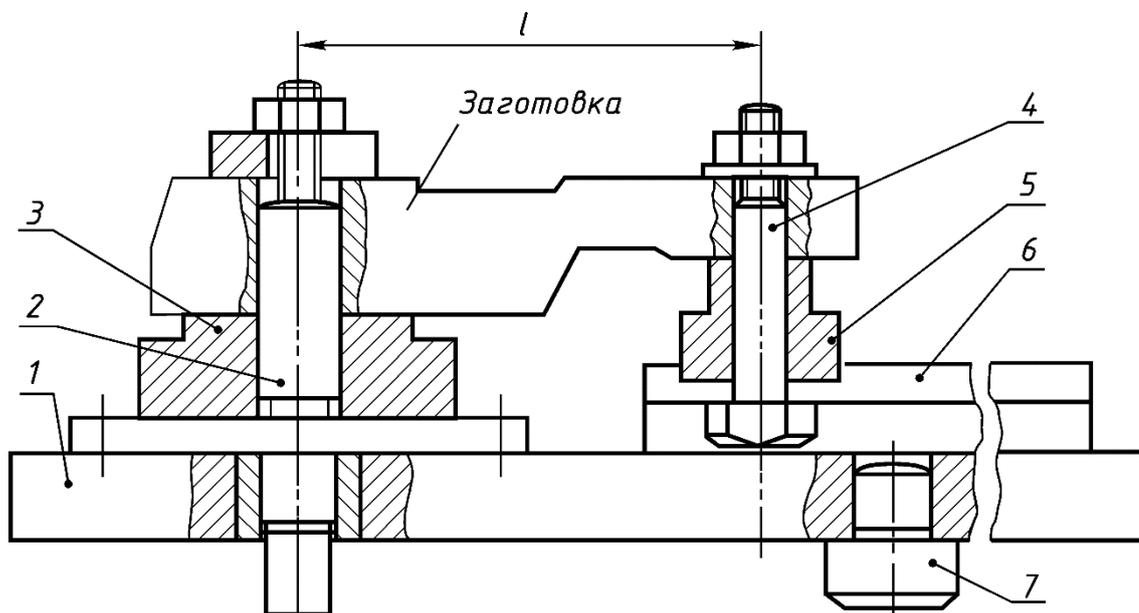


Рис. 6. Специализированное наладочное приспособление

Приспособление состоит из базовой плиты 1 и сменных оправки 2, пальца 4 и опор 3, 5. Плита 1 устанавливается на столе станка при помощи конца сменной оправки 2 и пальца 7.

Заготовка устанавливается по плоскостям опор 3 и 5 и поверхностям оправки 2 и пальца 4 и закрепляется двумя гайками. Сменный палец 4 вместе с опорой 5 можно при наладке приспособления перемещать по пазу направляющих 6 приспособления в зависимости от расстояния l между базовыми отверстиями заготовки.

Область применения ССП – среднесерийное и крупносерийное производство.

ЛЕКЦИЯ 4

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Физические явления в зоне стружкообразования, зависят от стабильности режима резания и скорости износа инструмента, что не позволяет сопоставлять обрабатываемости эталонного и нового обрабатываемого материала по стойкости инструмента.

Для определения основных сил, возникающих при резании материалов, обратимся к обозначениям этих параметров и факторов по стандартам ISO.

При точении в результате вращения заготовки и перемещения режущей части инструмента по заданной траектории относительно заготовки основные значения имеют следующие факторы.

Скорость перемещения V_c (м/мин) заготовки относительно режущей части инструмента называется скоростью резания (рис.8.1).

Другими важными факторами процесса точения являются подача f_n и глубина резания a_p (мм). Подачу можно определить как расстояние вдоль оси вращения заготовки, на которое режущая часть инструмента перемещается за один оборот заготовки (рис. 8.2).

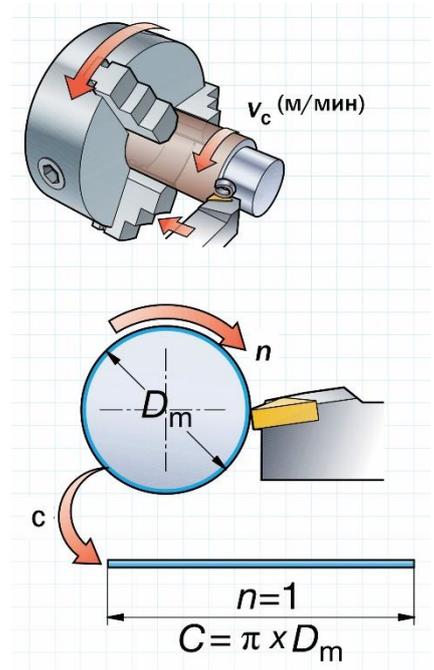


Рис. 8.1. Определение скорости резания V_c

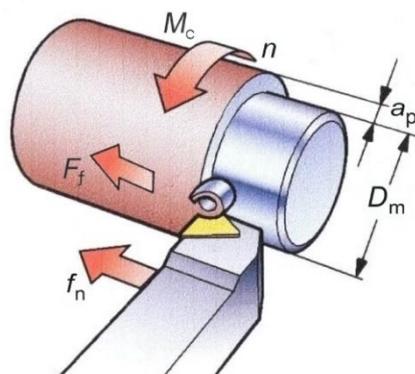


Рисунок 8.1 Подача f_n , глубина резания a_p при продольном точении и сила подачи F_f при подрезке торца

При выборе подачи f_n (мм/об) учитывают ее влияние на шероховатость обработанной поверхности и форму стружки.

Глубина резания a_p (мм) – половина разницы между диаметром обработанной поверхности и диаметром заготовки в направлении, перпендикулярном направлению подачи.

При фрезеровании частота вращения шпинделя n – это число оборотов фрезерного инструмента, совершаемое за минуту, а скорость резания V_c – окружная скорость, с которой режущая кромка врезается в заготовку. Её рассчитывают по номинальному диаметру фрезы D_c . Для расчета эффективной скорости резания V_e используют понятие эффективного диаметра резания D_e , когда $D_e > D_c$ с учетом глубины резания a_p (рис. 8.3).

Подача на зуб f_z (мм/зуб) используется для расчета минутной подачи при фрезеровании и определяется, исходя из рекомендованных значений максимальной толщины стружки.

Скорость подачи (например, подачи стола) V_f (мм/мин) или минутная подача – это скорость движения инструмента относительно заготовки, измеряемая в пройденном пути за единицу времени. Зависит от подачи на зуб f_z и числа z_n зубьев (режущих кромок) фрезы:

$$V_f = f_z \cdot z_n \cdot n,$$

Число z_n режущих кромок фрезы может быть больше, чем эффективное число зубьев z_c , поэтому для определения скорости подачи V_f используют эффективное число зубьев z_c (рис.8.4).

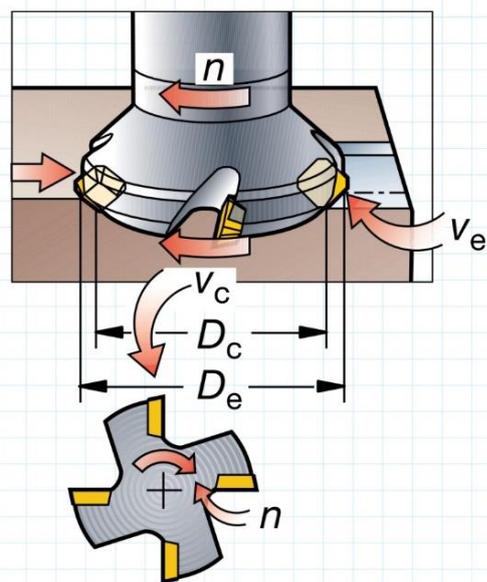


Рисунок 8.2 Скорости резания (м/мин), диаметры инструмента (мм) и частота вращения шпинделя (мин⁻¹).

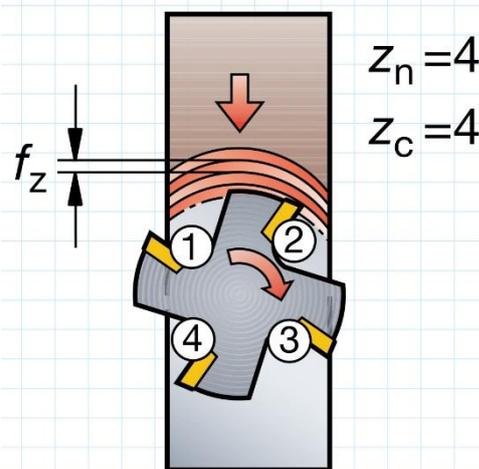


Рисунок 8.3 Подача на зуб f_z и число зубьев z_n и z_c фрезы

Подача на оборот f_n используется для расчета минутной подачи V_f и является определяющим ограничивающим параметром при назначении режимов чистового фрезерования и определения силы подачи F_f (рис. 8.5).

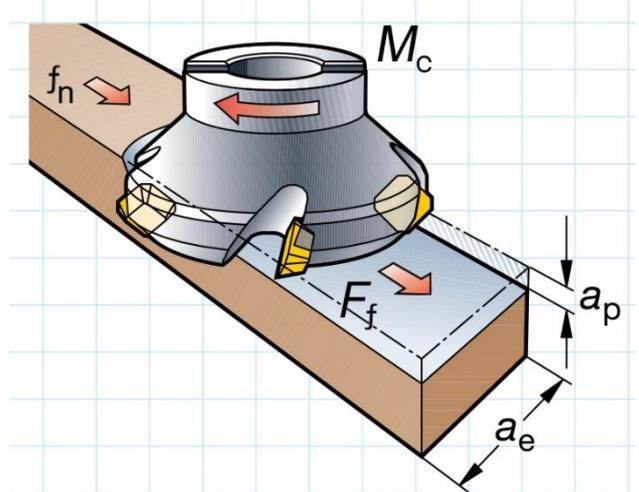


Рисунок 8.4 Глубина a_p и ширина a_e резания, подача на зуб f_z и сила подачи F_f при фрезеровании

Глубина фрезерования a_p (мм) показывает, сколько материала удаляется с заготовки торцом фрезы, и определяется как расстояние между обработанной и необработанной поверхностями, измеренное вдоль оси фрезы.

Ширина фрезерования a_e (мм) – величина срезаемого припуска, измеряемая в направлении радиуса фрезы, то есть это – длина стороны сечения срезаемого слоя.

Потребляемая мощность P_c (кВт) – это характеристика станка, позволяющая оценить возможность выполнения данного типа перехода на данном типе приспособления.

Крутящий момент M_c (Н·м) передается от шпинделя станка инструменту в процессе обработки

$$M_c = 30P_c \cdot 10^3 / \pi n ,$$

В общем виде, исходя из определения мощности, можно определить силу, которой противодействует сила зажима, как силу подачи F_f (Н):

$$F_f = P_c / V_c$$

Такой подход допустим из-за принятия больших коэффициентов запаса при расчете сил зажима заготовок в приспособлениях, а также с учетом того, что расчеты по степенным зависимостям из справочников дают также большую погрешность.

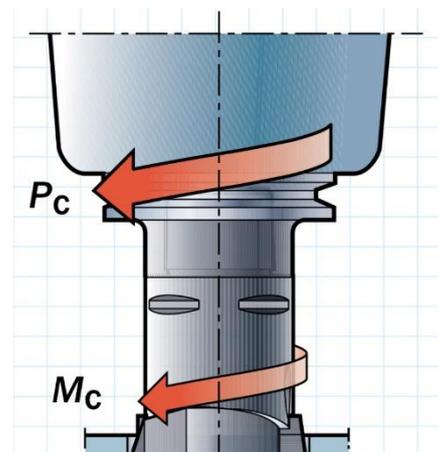


Рисунок 8.5 Потребляемая мощность P_c , крутящий момент M_c и сила подачи F_f при плунжерном фрезеровании

ЛЕКЦИЯ 5

Обрабатываемость материала заготовки и ее характеристики

Стандарт ISO 513 «Материалы твердые инструментальные для обработки резанием» подразделяет все обрабатываемые материалы на 6 групп.

На рис. 5.1 показано группирование обрабатываемых материалов.

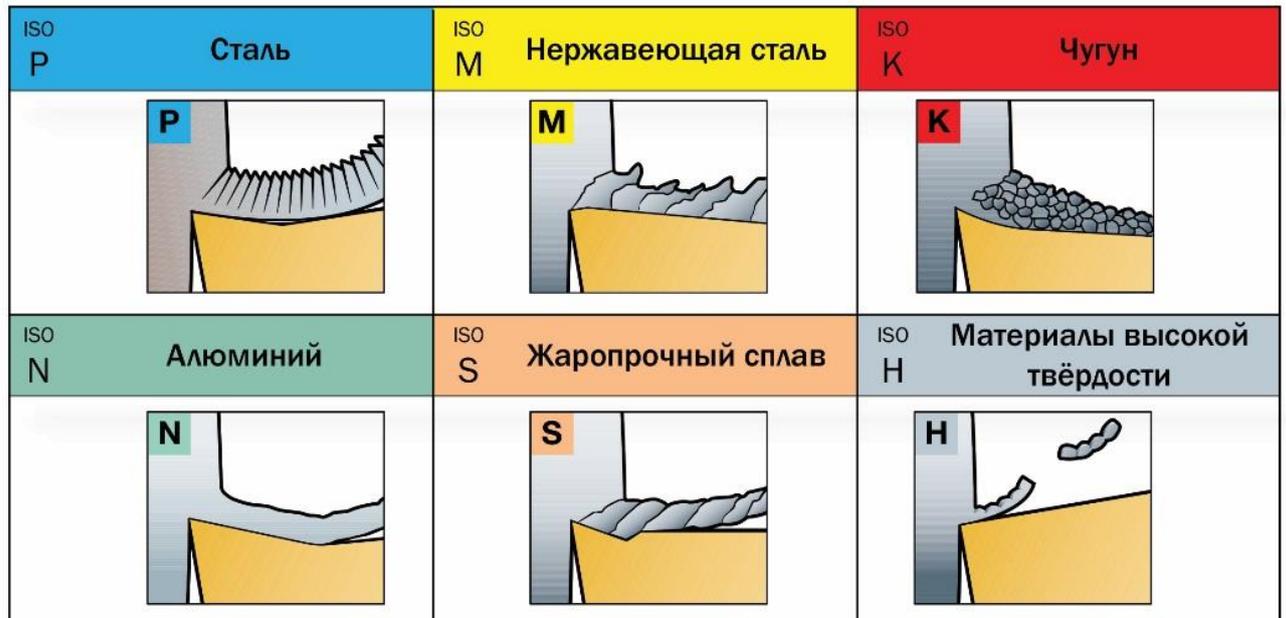


Рис. 7.1. Группы обрабатываемых материалов

- Группа **P**: сталь, стальное литье и ковкий чугун, дающий сливную стружку.
- Группа **M**: коррозионно-стойкая сталь мартенситного, аустенитного и ферритного классов, а также марганцовистые стали, легированный и ковкий чугун, автоматные стали.
- Группа **K** предполагает использование инструмента, предназначенного для обработки серого, отбеленного и ковкого чугунов, дающих элементную стружку, а также для обработки дерева и пластмасс.
- Группа **N**: алюминиевые сплавы и другие цветные металлы.
- Группа **S**: жаропрочные сплавы на железной, никелевой и кобальтовой основе, титан и титановые сплавы.

•Группа ***H***: материалы высокой твердости (стали, закаленные до твердости более HRC48, жаропрочные сплавы и кокильные чугуны).

Основными факторами, влияющими на обрабатываемость материалов являются:

- металлургические и механические свойства материалов;
- геометрия режущей части инструмента;
- материал режущей части инструмента.

Сочетание этих факторов определяет обрабатываемость того или иного материала. Одним из показателей обрабатываемости служит характер образования стружки (см. рис. 7.1).

•Материалы группы ***P*** дают сливную стружку. Однако они существенно различаются внутри группы в зависимости от содержания углерода: низкое содержание определяет вязкость материала; высокое содержание – хрупкость. При этом потребляемая мощность ***P_c*** при резании материалов внутри группы ***P*** различаются незначительно.

•Материалы группы ***M*** образуют ступенчатую стружку. Ее вид и свойства зависят от количества легирующих элементов, таких как хром и никель. Внутри группы, в зависимости от марки стали и условий термообработки, дробление стружки может варьироваться от легкого до полной невозможности его обеспечить. Потребляемая мощность ***P_c*** при резании материалов группы ***M*** значительно больше, чем при обработке материалов группы ***P***.

•Для материалов группы ***K*** характерна стружка от порошкообразной для серых чугунов и до сливной при резании ковких чугунов. Силы резания и потребляемая мощность при резании материалов группы ***K*** значительно меньше, чем при обработке материалов группы ***P***. То же самое можно сказать про материалы группы ***N***.

• Другие группы обладают разнообразными свойствами, что обобщить сведения о силах резания и потребляемой мощности затруднительно. Однако, для группы материалов **S** с учетом используемых режимов резания потребляемая мощность не превышает значения, характерные для материалов группы **P**.

• Для материалов группы **H** характерна сливная раскаленная стружка, а силы резания многократно превышают уровень сил резания материалов группы **P**. Из-за нагрева поверхностного слоя закаленной стали отделение стружки облегчается, и обрабатываемость материалов группы **H** улучшается, что позволяет при соответствующем подборе режимов резания снизить потребляемую мощность до максимального уровня при обработке материалов группы **P**.

Таким образом, к показателям «обрабатываемости резанием», относятся:

- сила резания (момент вращения), которую сравнивают с эталонным материалом (например, со сталью 45), измеренная в равных условиях;
- эффективная мощность, затрачиваемая на резание по сравнению с эталонным материалом в равных условиях.

В научных целях количественные значения этих показателей для обрабатываемого материала определяют, связывая их с твердостью, пределом прочности, относительным удлинением и теплопроводностью обрабатываемого материала, с характеристиками трения в паре с инструментальным материалом и с сопротивлением изнашиванию лезвия инструмента и т.д.

В реальных производственных условиях перечисленные свойства обрабатываемого материала имеют большой разброс из-за непостоянства химического состава и неоднородности микроструктуры.

Характеристики обрабатываемости материала заготовки

Исходя из определения мощности, потребляемой для резания, можно определить силу Q , действующую на заготовку, как силу подачи F_f (Н):

$$Q = F_f; \quad F_f = P_c / V_c$$

Такой подход допустим из-за принятия больших коэффициентов запаса при расчете сил зажима заготовок в приспособлениях.

Обрабатываемость материала следует характеризовать эффективной мощностью P_c , затрачиваемой на процесс резания.

Для упрощения расчета величины P_c для каждой группы обрабатываемости определяется коэффициент $k_{c1.1}$, который представляет собой силу резания F_c , необходимую для срезания стружки $a_p = 1$ мм.

При других толщинах стружки a_p используется показатель степени m_c для вычисления коэффициента удельной силы резания k_c который имеет размерность в Н/мм².

$$k_c = k_{c1.1} * a_p^{-m_c}$$

Сила резания при других толщинах стружки a_p рассчитывается по формуле:

$$F_c = k_c * a_p * f_n$$

Эффективная мощность, расходуемая на резание, рассчитывается по формуле:

$$P_c = a_p * f_n * V_c * k_c / 60 * 10^6$$

В многономенклатурном производстве расчет станочных приспособлений для закрепления заготовок и инструмента должен вестись с учётом обработки тех деталей, материал которых имеет наибольший коэффициент k_c удельной силы резания.

ЛЕКЦИЯ 6

РАСЧЕТЫ СИЛЫ Q И КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА M_c , ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЗАГОТОВКУ

При проектировании станочного приспособления необходимо выполнять расчеты силы Q и крутящего момента M_c , действующих на заготовку, установленную в приспособлении.

Величина потребляемой мощности P_c , необходимая для выполнения данного типа перехода:

$$P_c = a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot k_{c1.1} / 60 \times 10^6, \quad (\text{кВт})$$

где $k_{c1.1}$ – характеристика обрабатываемого материала (Н/мм^2), которая представляет собой силу резания F_c , необходимую для срезания стружки толщиной 1 мм; a_p – глубина резания (мм); a_e – ширина резания (мм); V_f – скорость подачи, например, стола (мм/мин).

Крутящий момент M_c ($\text{Н}\cdot\text{м}$) передаваемый от шпинделя станка в процессе обработки:

$$M_c = 30P_c \cdot 10^3 / \pi n$$

Модуль вектора силы, которой противодействует вектор силы W (Н) зажима заготовки в приспособлении, можно с достаточной точностью для расчета приспособлений считать равной по величине силе подачи F_f (Н).

$$[W] = [F_f]$$

Силу подачи F_f (Н) для фрезерования с достаточной для расчетов при проектировании технологической оснастки точностью определяют по формуле:

$$F_f = k_c \cdot a_p \cdot f_n,$$

где f_n – подача, мм/об; k_c – коэффициент удельной силы резания (Н/мм^2), который рассчитывается по зависимости $k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c}$, где показатель степени m_c используется при глубинах резания a_p , отличающихся от 1 мм.

Значения коэффициента $k_{c1.1}$ и показателя степени m_c по группам обрабатываемых материалов приводятся в справочниках. Ниже приведены сведения об алюминиевых сплавах.

Алюминиевые сплавы относятся к группе **N** по классификации обрабатываемости материалов и подразделяются согласно табл. 1.

1. Классификация алюминиевых сплавов

Группа	Описание сплавов	Примеры	Коэффициенты	
			$k_{c1.1}$	m_c
N				
N1	Деформируемые после термообработки	В95Т1	1100	0,22
N2	Содержание кремния менее 4%	АМг2	850	0,24
N3	Содержание кремния более 12,2%	АЛ30	700	0,25

Рассмотрим переход фрезерования уступа фрезой диаметром D_ϕ с количеством зубьев Z в заготовке из алюминиевого сплава (см. рисунок).

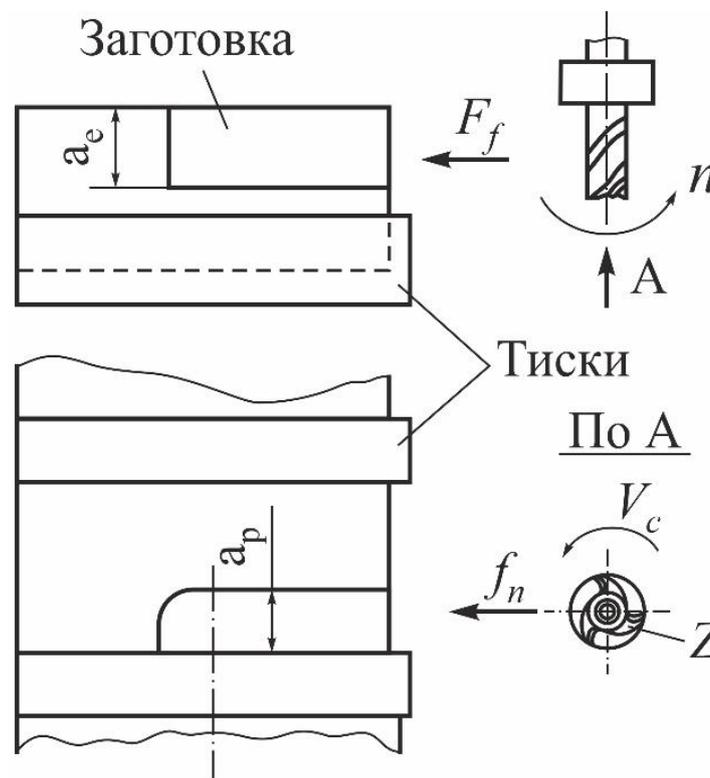


Схема фрезерования уступа в заготовке из алюминиевого сплава

Примеры факторов фрезерования и параметров инструмента приведены в табл. 2

2. Факторы фрезерования уступа в заготовке из алюминиевых сплавов, параметры инструмента и марки материалов заготовки

№ варианта	Параметры фрезы		Факторы фрезерования				Марка материала
	D _ф , мм	Z, штук	a _с , мм	a _р , мм	f _н , мм/об	n, мин ⁻¹	
	1	2	3	4	5	6	
1	12	4	24	12,0	0,20	6000	В95Т1
2	8	3	16	4,0	0,12	12000	АМг2
3	8	3	6	4,0	0,10	12000	АЛ30
4	12	3	16	8,0	0,20	12000	АЛ30

Пример выполнения расчета силы Q и крутящего момента M_c для варианта 1 (табл. 3).

3. Данные для расчета

Параметры фрезы		Факторы фрезерования				Марка материала
D _ф , мм	Z, штук	a _с , мм	a _р , мм	f _н , мм/об	n, мин ⁻¹	
12	4	24	12	0,20	6000	В95Т1

Определяем величину потребляемой мощности P_c , необходимую для выполнения перехода фрезерования:

$$P_c = V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c / 60 \times 10^3, \quad (\text{кВт})$$

где V_c – скорость резания, (м/мин); a_p – глубина резания (мм); f_n – подача, мм/об; $k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c}$ ($k_{c1.1}$ – характеристика обрабатываемого материала (Н/мм²), которая представляет собой силу резания F_c , необходимую для срезания стружки толщиной 1 мм; m_c – показатель степени;

$$V_c = \pi D n / 1000 = 3,14 \cdot 12 \cdot 6000 / 1000 = 226 \text{ м/мин}$$

Рассчитываем значения коэффициента k_c , пользуясь табл. 1.

$$k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c} = 1100 \cdot 12^{-0,22} = 1100 \cdot 0,579 = 637 \text{ Н/мм}^2$$

Определяем величину потребляемой мощности P_c

$$P_c = 226 \cdot 12 \cdot 0,20 \cdot 637 / 60 \times 10^3 = 6,34 \text{ кВт}$$

Вычисляем величину крутящего момента:

$$M_c = 30P_c \cdot 10^3 / \pi n = 30 \cdot 6,34 \cdot 10^3 / \pi \cdot 6000 = 10,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Вычисляем силу подачи F_f :

$$F_f = k_c \cdot a_p \cdot f_n = 637 \cdot 12 \cdot 0,20 = 1526 \text{ Н}$$

$$Q = F_f = 1526 \text{ Н}$$

Полученные в результате расчета значения сведены в табл. 4

4. Результаты расчета

<i>Рассчитанные значения</i>						<i>Коэффициенты</i>	
P_c , кВт	M_c , Н·м	V_c , м/мин	Q, Н	F_f , Н	k_c , Н/мм ²	$k_{c1.1}$ Н/мм ²	m_c
6,34	10,1	226	1526	1526	637	1100	- 0,22

ЛЕКЦИЯ 7

РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Основными расчетами приспособления являются: расчет сил зажима, определение параметров силового привода, расчеты точности, прочности и экономической эффективности приспособления.

На рис. 1 показана принципиальная схема приспособления для установки заготовок корпусного типа, из которой следует, что заготовка устанавливается по плоскости 1 и двум пальцам 2 и 3 (палец 3 – ромбический). Прижим заготовки к установочной базе осуществляется силами P двумя прижимами от пневмоцилиндра 4 через систему рычагов.

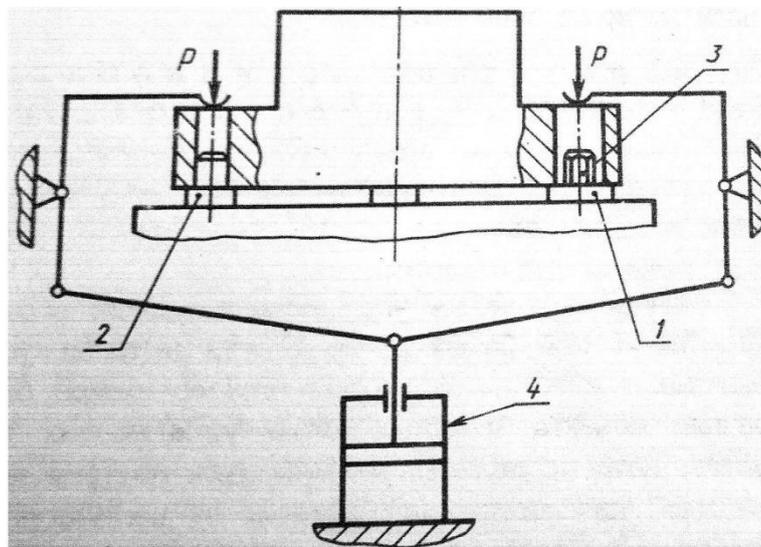


Рис. 1. Принципиальная схема приспособления для установки заготовок корпусного типа

После выявления точек расположения установочных элементов и сил зажима определяют кинематическую схему передачи усилия от силового привода к зажимным элементам. В итоге получают принципиальную схему приспособления.

Определение необходимого усилия закрепления

Для расчета сил зажима и параметров силового привода необходимо рассчитать: силы резания; моменты для данного метода обработки, действующие на объект во время технологического процесса, схема расположения установочных и зажимных элементов в соответствии с принципиальной схемой базирования и принятой кинематикой передачи усилия от привода к зажимным элементам.

При расчете сил зажима выявляются величины реакций в точках контакта заготовки с установочными элементами. Значения сил реакции рассчитывают из условия равновесия заготовки в статике, составляют уравнение равновесия, которое с одной стороны рассматривает действие силы резания, а с другой – необходимое усилие закрепления.

На рис. 2 показана схема сил, действующих на заготовку во время фрезерования, и силы зажима со стороны прихватов, передаваемые через рычажную систему от пневмоцилиндра.

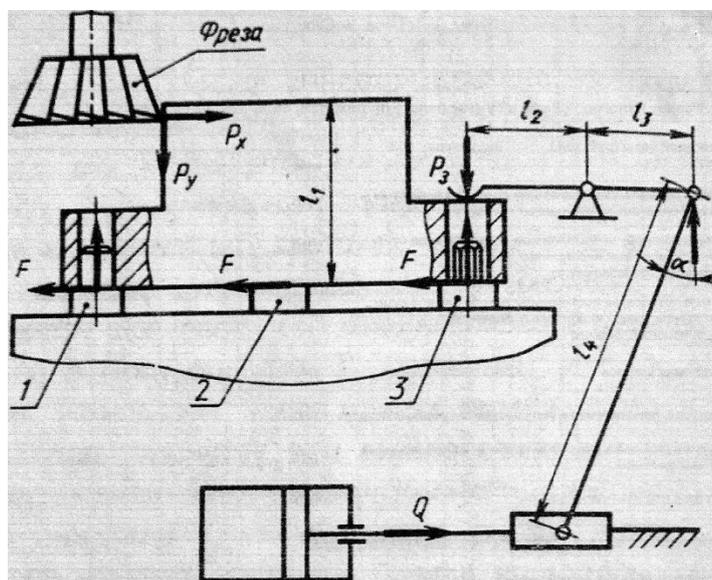


Рис. 2. Схема сил, действующих на заготовку во время фрезерования

При фрезеровании на заготовку действуют три составляющие силы: P_x , P_y , P_z . Сила P_x сдвигает заготовку вдоль установочной базы, сила P_y прижимает заготовку к установочной базе, а сила P_z поворачивает заготовку на установочной базе.

Действие сил P_x и P_z должно быть компенсировано усилием зажима, действие силы P_y воспринимает установочные элементы 1, 2, 3. Цилиндрические и ромбические пальцы, обеспечивающие положение обрабатываемой детали на приспособлении, в силовом взаимодействии не участвуют.

Поскольку пальцы отличаются невысокой жесткостью, а их износ оказывает непосредственное влияние на точности обработки заготовки, пальцы желательно разгрузить. Поэтому сила зажима P_3 направленная по нормали к опорной поверхности должна обеспечить постоянство базирования обрабатываемой детали.

Силы P_x и P_z стремящиеся сдвинуть заготовку по установочной плоскости, должны быть уравновешены силами трения F . После определения величины силы трения, которая должна быть создана прижимом к опорам 1, 2, 3 рассчитывают силу прижима P_3 из условия, что $F = P_3 f$, где f – коэффициент трения. Принимая во внимание коэффициент запаса K , получим $P_3 = K P_3 \cdot f$.

Зная соотношение плеч l_2, l_3, l_4 и учитывая уже известную P_3 , рассчитывают силу Q . По значению удельного давления среды в цилиндре, определяют расчетный диаметр поршня, на основании которого выбирают стандартный ближайший больший диаметр цилиндра привода. Исходя из стандартного диаметра и, учитывая соотношение плеч привода, рассчитывают фактическое значение усилия закрепления.

ЛЕКЦИЯ 8

ПРИВОДЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ (часть 1)

Для механизации приспособлений применяют различные приводы.

Пневматический привод выгоден при наличии пневмолиний, которыми располагают большинство предприятий машиностроения (рис. 1).

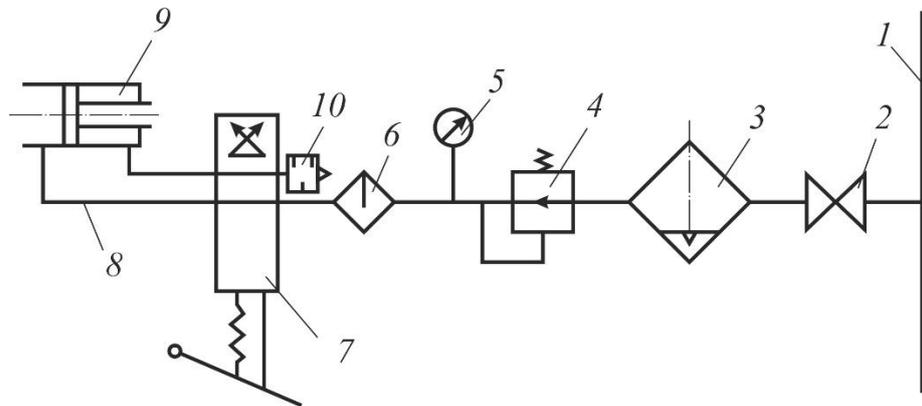


Рис. 1. Схема подключения пневмоцилиндра 9 к пневмолинии 1:
2 – вентиль; 3 – фильтр-влагодетель; 4 – редукционный клапан; 5 – манометр; 6 – маслораспылитель; 7 – пневмораспределитель; 8 – трубопровод; 10 – глушитель

Рабочая среда – атмосферный воздух с фактическим диапазоном давления сжатого воздуха 0,39...1,00 МПа. Достоинства пневмопривода: быстродействие, экономичность, надежность, высокий уровень унификации и стандартизации. Недостатки: увеличенные габаритные размеры и требуются механизмы-усилители.

Различают пневмоцилиндры одностороннего и двустороннего действия (рис. 2).

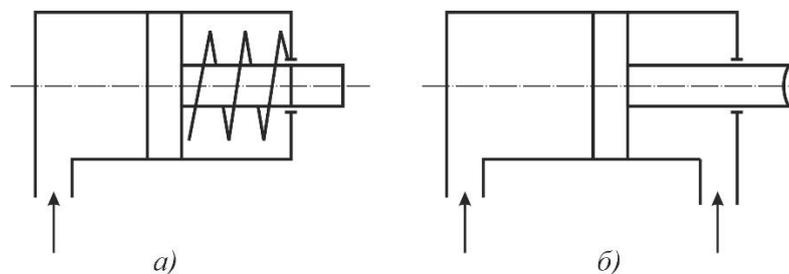


Рис. 2. Схема пневмоцилиндра:
а – одностороннего с пружиной возврата; б – двустороннего

Основные параметры стационарных пневмоцилиндров приведены на рис. 3, а и в табл. 3.

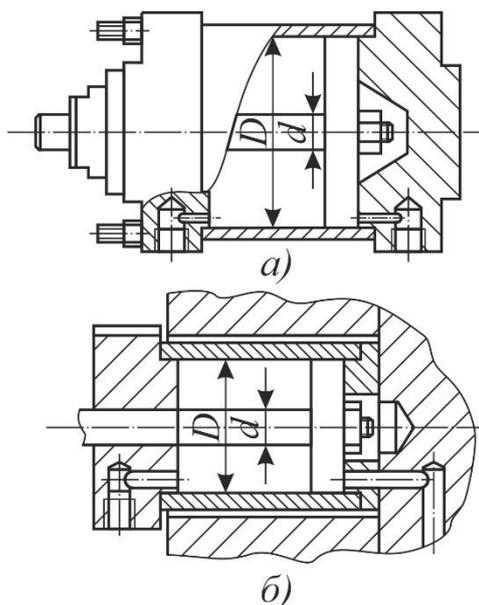


Рис. 3. Схемы поршневых пневмоцилиндров: а – стационарного; б – встроенного

3. Основные параметры поршневых стационарных пневмоцилиндров

Диаметр, мм		Сила, кН, на штоке при давлении сжатого воздуха, МПа	
цилиндра D	штока d	0,39	1,00
80	25	1,68/1,52	4,30/3,90
100		2,63/2,48	6,75/6,35
125	32	4,13/3,86	10,60/9,90
160	40	7,05/6,63	18,10/17,00
200		11,08/10,60	28,40/27,20
250	63	17,20/16,10	44,20/41,40
320	80	29,20/27,30	74,80/70,10

Примечания: 1. Приведена выборка предпочтительных типоразмеров.
 2. Не распространяется на сдвоенные пневмоцилиндры
 3. Значения давления 0,4 МПа рекомендуется применять в расчетах закрепления заготовок, 1,0 МПа – в расчетах деформаций и контактных воздействий на заготовки.

4. В числителе сила толкающая, в знаменателе – тянущая.

5. Ход поршня – 10 мм.

6. Скорость перемещения штока цилиндров с $D \geq 200$ не более 0,5 м/с, меньших – не более 1,0 м/с.

7. Цилиндры работоспособны в температурном диапазоне от -45 до +75 °С.

Основные параметры вращающихся пневмоцилиндров приведены на рис. 3, б и в табл. 4. Вращающиеся пневмоцилиндры применяются преимущественно для привода токарных патронов и цанг прутковых автоматов.

4. Основные параметры поршневых вращающихся пневмоцилиндров

Диаметр пневмоцилиндра, мм	200	250
Ход поршня, мм, не более	32	45
Сила, кН, на штоке при давлении, МПа:		
1,00	29,0/58,0 (30,6)	46,0/92,0 (47,6)
0,39	1,3/22,6 (11,9)	17,9/35,9 (18,6)
Примечания: 1. Распространяется на вращающиеся пневмоцилиндры двустороннего действия со сплошным штоком. 2. Максимальная частота вращения 300 рад/с. 3. Сила в числителе – тянущая для одинарного цилиндра, в знаменателе – то же, для сдвоенного, в скобках – толкающая.		

Для поршневого цилиндра одностороннего и двустороннего действия (рис. 4), исходя из величины требуемая сила тяги на штоке (Н) определяют диаметр D по формуле (1).

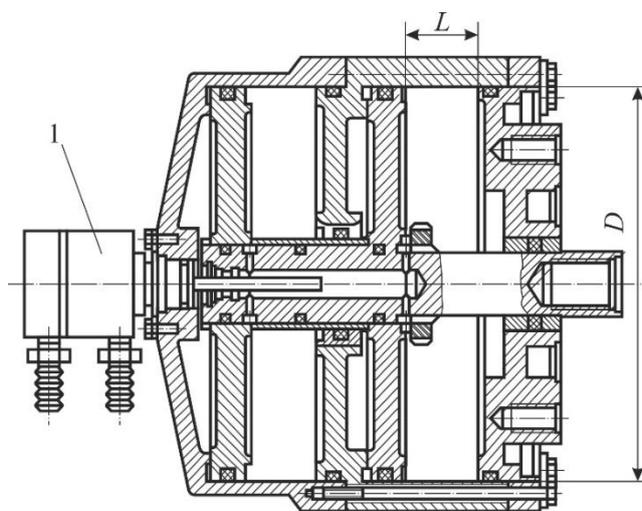


Рис. 4. Вращающийся пневмоцилиндр с муфтой 1 для подвода воздуха

Для одностороннего:

$$D = 1,3\sqrt{(P + P_0jL/\rho)} ;$$

Для двустороннего:

$$D = 1,3\sqrt{P/\rho} \quad (1)$$

где P – требуемая сила на штоке, Н;

P_0 – сила натяжения пружины возврата;

j – жесткость пружины, Н/мм;

L – ход поршня, мм;

ρ – давление сжатого воздуха, МПа.

Сила на штоке простых мембранных пневмоцилиндров резко падает с увеличением хода t штока (рис. 5).

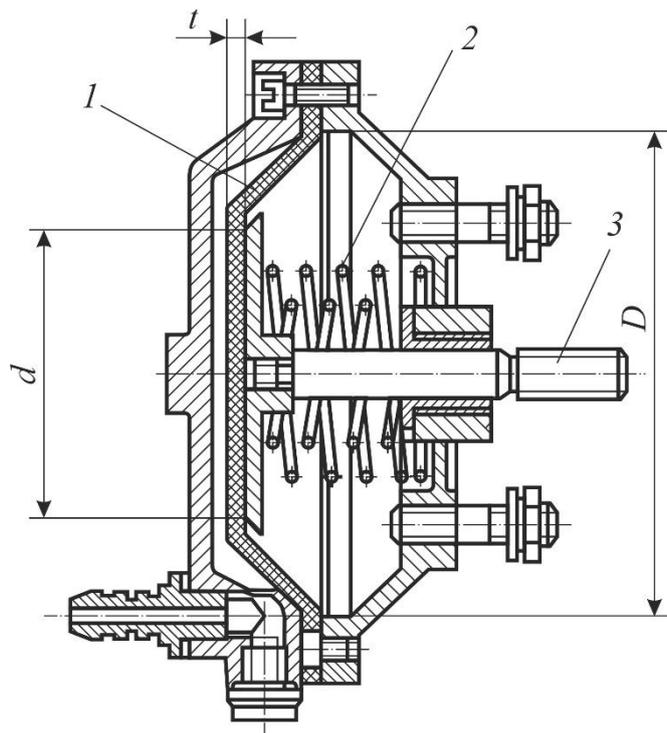


Рис. 5. Пневмоцилиндр мембранный: 1 – мембрана; 2 – пружина возврата; 3 – шток

К преимуществам пневмоприводов следует отнести быстроту действия (0,5...1,2 с), постоянство усилия зажима и возможность его регулировки, простоту конструкции и эксплуатации, независимость работоспособности от колебаний температуры окружающей среды.

Оптимальная рабочая скорость исполнительного механизма при применении пневмоцилиндра составляет 0,1...2 м/с. При меньших скоростях возникают вибрации и неравномерность хода. Экономически целесообразно применение пневмопривода в механизмах с усилием до 30 кН и с максимальным диаметром пневмоцилиндров – 250 мм (табл. 5).

5. Усилие на штоке диафрагменных пневмокамер при давлении 0,4 МПа, Н

Диаметр D, мм	Диафрагма			
	резинотканевые		резиновые	
	в положении, близком к исходному	при ходе 0,3D для тарельчатых и 0,07D для плоских пружин	в положении, близком к исходному	при ходе 0,22D
125	3 500	2 700	4 750	3 750
160	5 700	4 350	7 200	6 150
200	9 000	6 800	11 000	8 750
250	14 000	11 000	17 300	15 500
320	23 000	17 500	29 000	25 000
400	36 000	27 000	46 500	42 000
Примечание. Значение усилий на штоке даны без учета усилия возвратной пружины.				

Пневмоцилиндр включает воздухопроводящую муфту, обеспечивающую подачу сжатого воздуха из пневмосети в цилиндр.

Вращающиеся диафрагменные пневмоцилиндры бывают одно- и двустороннего действия со сплошным или полым штоком, цилиндры двустороннего действия – одинарными или сдвоенными. Они обеспечивают повышенную тяговую силу на штоке.

ЛЕКЦИЯ 9

ПРИВОДЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ (часть 2)

Гидравлический привод обладает рядом достоинств: возможность получения больших сил (и их точного контроля) при ограниченных размерах гидродвигателей, быстроедействие, широкий диапазон регулирования, способность аккумулирования энергии, надежность и долговечность. Это позволяет создавать высокоэффективные приводы для перемещения массивных заготовок, а также приводы зажимных устройств станочных приспособлений, особенно при повышенных силах резания и многоточечных зажимах.

Типовой гидропривод состоит из насосной установки, гидроаппаратов управления, гидродвигателей и соединительных гидролиний. В качестве гидродвигателей обычно используются стандартные гидроцилиндры одностороннего (с пружинным возвратом) или двустороннего действия, а также специальные цилиндры, встроенные в зажимные механизмы; возможно также применение поворотных двигателей.

Существуют два основных типа гидрофицированных зажимных механизмов: с зажимом силой от давления рабочей жидкости и пружинно-гидравлические, в которых зажим обеспечивается силовыми пружинами (например, тарельчатыми), а разжим – гидравликой. В последнем случае, предпочтительном с точки зрения техники безопасности. Появляется возможность размещения зажимов на паллетах, спутниках и поддонах, соединяемых с гидросистемой только в позициях загрузки-выгрузки деталей.

Пружинно-гидравлический привод (рис. 6) представляет собой гидравлический односторонний цилиндр.

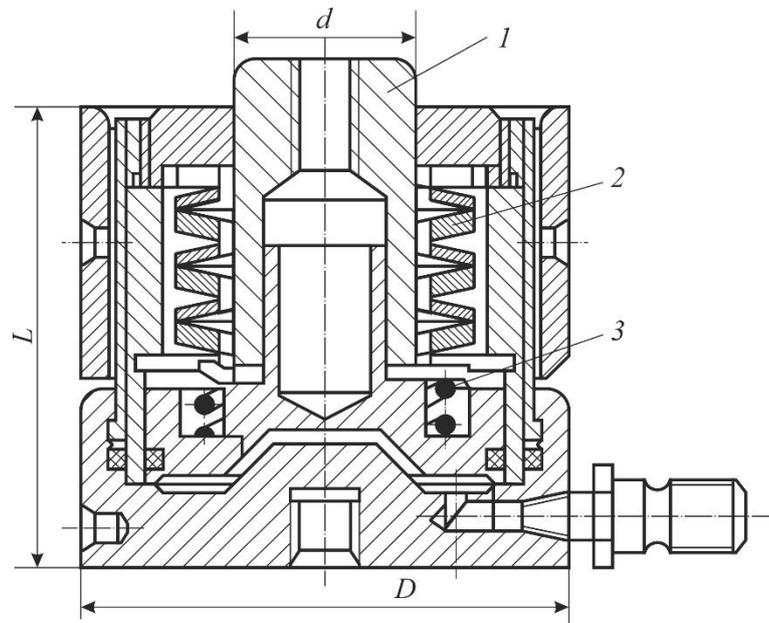


Рис. 6. Пружинно-гидравлический цилиндр:
1 – поршень; 2 – тарельчатые пружины; 3 – пружина

В зависимости от назначения пружинно-гидравлические цилиндры могут быть толкающего или тянущего исполнения.

В табл. 5 приведены основные параметры гидроцилиндров одностороннего действия, а в табл. 3.6 – гидроцилиндров двустороннего действия.

5. Основные параметры гидроцилиндра одностороннего действия

Диаметр цилиндра, мм	Сила, кН, на штоке
40	11,7/9,9
50	18,1/11,7
63	29,2/23,1
80	47,0/37,5
Примечания: 1. Давление масла принято равным 10 МПа. 2. В числителе указана сила для цилиндров со сплошным штоком, в знаменателе – полым. 3. Ход поршня цилиндров диаметром 40 мм составляет 12 мм, остальных – 16 мм.	

6. Основные параметры гидроцилиндров двустороннего действия

Диаметр цилиндра, мм	Сила, кН, на штоке
40	12,3/8,6
50	19,2/14,4
63	30,5/22,6
80	49,2/39,2
100	76,9/61,3

Примечания: 1. Давление масла принято равным 10 МПа.
2. В числителе указана толкающая сила на штоке, в знаменателе – тянущая.
3. Ход поршня до 80 мм.

Усилие зажима развивается за счет действия комплекта пружин. Такой привод не требует затрат энергии для поддержания усилия зажима. Он обеспечивает надежное закрепление детали в случае повреждения гидролинии или отключения электроэнергии, несложен в обслуживании.

Технические данные тянущих пружинно-гидравлических цилиндров приведены в табл. 7.

7. Технические данные тянущих пружинно-гидравлических цилиндров

Диаметр поршня, d мм	Ход штока, мм	Номинальное давление, МПа	Усилие зажима, Н	Габаритные размеры, мм	
				диаметр, D	высота, L
60	8	9,8	17 168	110	150
100	8	9,8	53 955	155	185
120	8	38	92 204	175	200

Недостатком пружинно-гидравлических цилиндров является изменение усилия зажима в зависимости от величины хода штока, что требует регулировок величины хода. Питание гидроприводов станочных приспособлений может производиться непосредственно от гидросистемы оснащаемого станка. Перспективно использование компактных модулей зажимных механизмов.

Механогидравлический привод

Привод состоит из винтового механизма и гидравлического цилиндра (рис. 7).

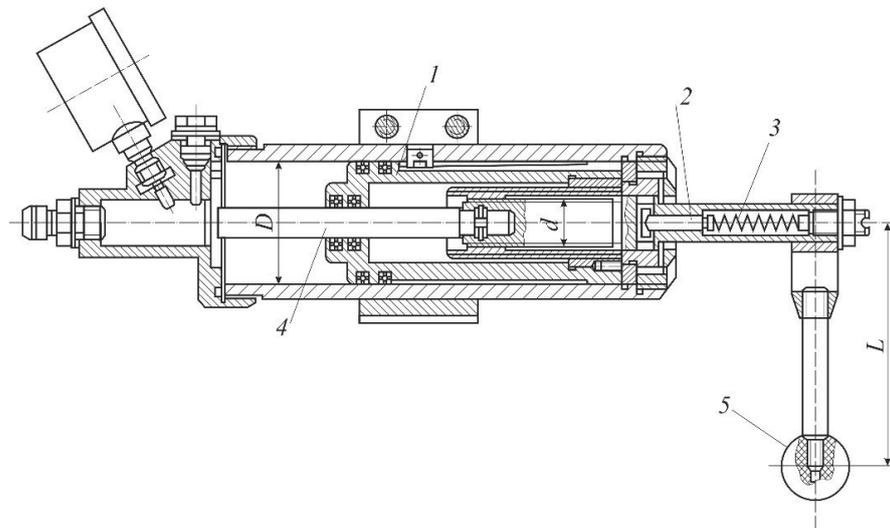


Рис. 7. Конструкция быстродействующего механогидравлического привода: 1 – поршень; 2 – палец; 3 – пружина; 4 – плунжер

Принцип действия механогидравлического привода быстродействующих зажимных устройств следующий. При вращении рукоятки длиной L вначале при перемещении поршня 1 создается низкое давление для быстрого подвода зажимных элементов и предварительного закрепления. При дальнейшем вращении рукоятки при достижении давления примерно 0,8 Мпа палец 2 сжимает пружину 3 и выходит из паза. В результате поршень 1 останавливается и плунжер 4 перемещается.

Вакуумный привод

Принцип действия вакуумного привода (рис. 8) основан на непосредственной передаче атмосферного давления на закрепляемую заготовку.

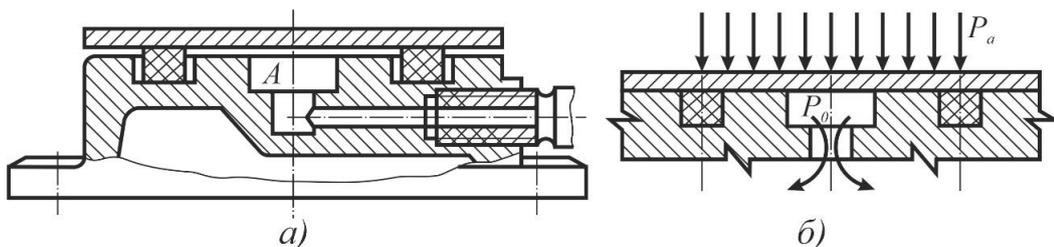


Рис. 8. Схема вакуумного привода: а – конструктивное исполнение; б – схема действия усилий зажима

При этом между опорной поверхностью детали и полостью приспособления создается вакуум и деталь прижимается избыточным атмосферным давлением. Приспособления с вакуумным приводом применяются при чистовой обработке нежестких деталей, которые могут деформироваться под действием усилий зажима.

На опорной поверхности корпуса приспособления по контуру, соответствующему конфигурации базовой поверхности обрабатываемой заготовки, выполняется специальная канавка, в которую помещается резиновая прокладка. Она на определенную высоту выступает из канавки в момент загрузки приспособления. После его включения в сеть вакуумного насоса в полости А создается разрежение. Заготовка деформирует прокладку и плотно поджимается к опорной поверхности.

Для зажима плоских заготовок с большими поверхностями используются вакуумные приспособления в виде хорошо обработанных плит со значительным количеством небольших, близко расположенных отверстий.

Усилие зажима обрабатываемой детали определяется по формуле

$$W = (p_a - p_0)F_a k_r, \quad (2)$$

где p_a – атмосферное давление, равное 0,1 МПа; p_0 – остаточное давление в камере после разрежения (принимается $p_0 = 0,01 \dots 0,015$ МПа); F_a – активная площадь, ограниченная уплотнением; k_r – коэффициент герметичности вакуумной системы ($k_r = 0,8 \dots 0,85$).

Магнитный привод

Принцип действия привода основан на том, что магнитный поток, создаваемый электромагнитом или постоянным магнитом, препятствует отрыву закрепляемой детали от приспособления. Магнитный поток должен проходить через закрепляемую деталь, которая в этом случае является частью магнитопровода. Электромагнитные и магнитные приспособления могут применяться для закрепления деталей, материал которых имеет высокую магнитную проницаемость. Ее имеют незакаленные стали, меньшую – чугуны,

незначительную – закаленные, быстрорежущие и легированные стали. Воздух имеет весьма малую магнитную проницаемость, поэтому для получения большой силы закрепления следует избегать зазоров между деталью и плоскостью приспособления.

Преимуществами магнитного привода являются быстрота действия, возможность закрепления деталей без их повреждения на окончательно обработанных поверхностях, одновременное крепление нескольких мелких деталей.

Недостатками магнитного привода являются меньшие усилия крепления по сравнению с механическим приводом, невозможность крепления деталей из немагнитных материалов, наличие остаточного магнетизма в деталях из ферромагнитных материалов, вероятность аварий при перерыве в подаче электроэнергии для электромагнитного привода.

Электромагнитный привод применяется обычно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью. К преимуществам электромагнитных приспособлений относятся: равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности, высокая жесткость, свободный доступ к обрабатываемым поверхностям заготовки.

Приспособление с электромагнитным приводом (рис. 9) состоит из чередующихся по полярности стальных сердечников 1 с электромагнитными катушками 2, установленных на стальном основании 3 с шагом t .

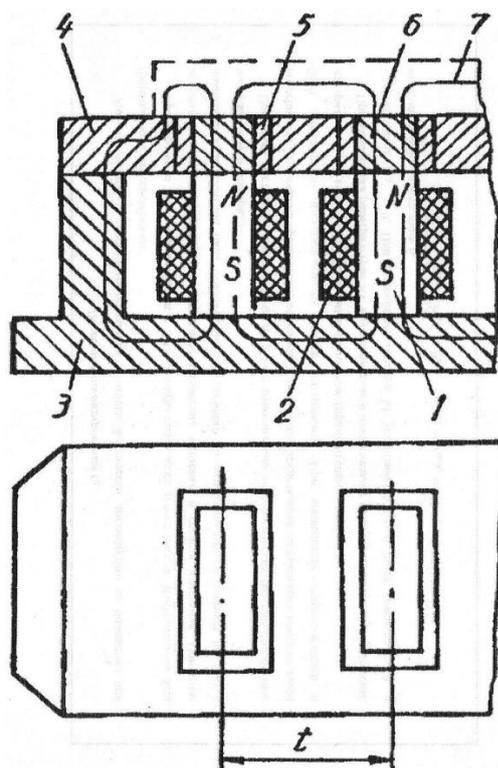


Рис. 9. Схема электромагнитной плиты

Обычно эта часть называется силовым блоком. Над ним располагается стальная пластина с пазами, в которые через немагнитные прокладки 5 вставлены магнитопроводы 6. По ним магнитный поток подводится к закрепляемой детали 7. При прохождении через катушки постоянного тока возникает электромагнитное поле, притягивающее деталь к стальной пластине 4. Обычно эту пластину с магнитоприводами и прокладками называют адаптерной плитой. При отключении тока происходит раскрепление детали.

Для изготовления магнитоприводов применяются углеродистые стали обыкновенного качества – Ст0, Ст1, Ст3, конструкционные углеродистые 08, 10 и 20 и электротехнические нелегированные 10895, 10864, 10880, 20895, 20880, 20864.

Немагнитные прокладки делаются из латуни, меди, эпоксипластов. Сердечники катушек изготавливаются из конструкционных углеродистых сталей 08, 10. Адаптерная плита является опорной поверхностью для закрепляемой детали и поэтому должна обладать достаточной прочностью и износостойкостью. Обычно для адаптерных плит используются

конструкционные углеродистые стали 10, 20, в отдельных случаях – с цементацией рабочей поверхности.

Электромагнитное приспособление необходимо размагничивать после отключения источника постоянного тока, так как стальные магнитопроводы и адаптерная плита могут сохранять остаточную намагниченность. Поэтому электромагнитные приспособления должны быть снабжены размагничивающими устройствами.

Усилия прижима деталей при применении электромагнитных приспособлений могут достигать 400...650 Н на 1 см² площади контакта заготовки с опорной поверхностью.

Также применяют *магнитный привод с постоянными магнитами*. Преимуществом такого привода является безопасность в работе, так как он не связан с каким-либо источником тока, не расходует электроэнергию и весьма долговечен.

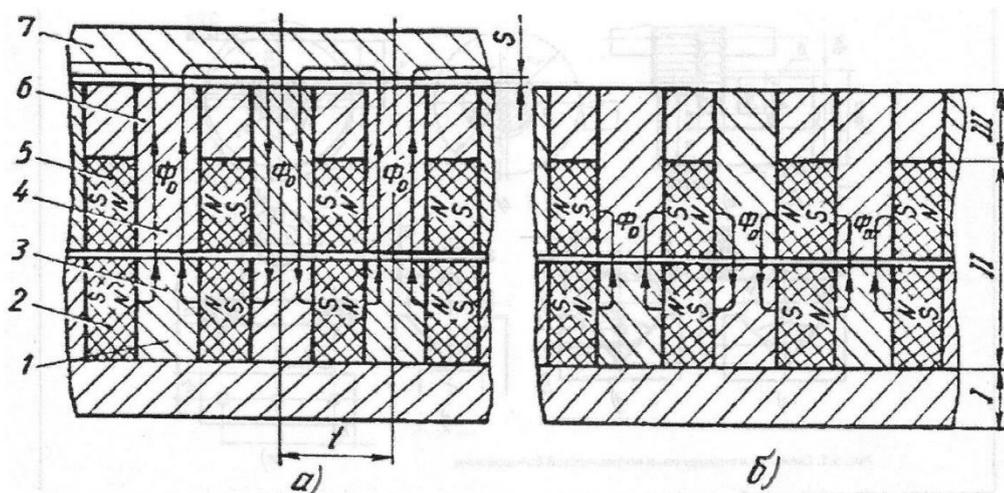


Рис. 10. Схема магнитной плиты с постоянными магнитами:

а – во включенном положении; б – в выключенном положении

Приспособление с постоянными магнитами (рис. 10) состоит из немагнитного основания I, силового блока II и адаптерной плиты III. Силовой блок выполнен в виде неподвижной верхней 4 и подвижной нижней 1 плит, в которых расположены чередующиеся по полюсам постоянные магниты 2 и 5 и магнитопроводы 3 и 6. Постоянные магниты предварительно должны быть

намагничены. К магнитопроводу магниты должны быть обращены одной и той же полярностью.

В рабочем положении под магнитами верхней плиты расположены магниты нижней плиты одинаковой полярности. Потоки их складываются и по магнитопроводу подводятся к рабочему зазору и детали 7 (рис. 10, а).

При перемещении нижней подвижной плиты на шаг t под магнитами верхней плиты располагаются магниты нижней плиты с противоположной полярностью, которые нейтрализуют работу магнитов верхней плиты, и происходит раскрепление детали (рис. 10, б). При закреплении детали магнитный поток проходит через нее.

Постоянные магниты изготавливаются из ферромагнитных материалов, обладающих высокой остаточной индукцией и большой коэрцитивной силой. Такими материалами являются стали с высоким содержанием углерода и специальных присадок – вольфрама, кобальта, хрома. Магнитные свойства этих сталей с течением времени снижаются, что требует повторного (примерно через два года) намагничивания.

В качестве материала для постоянных магнитов применяются литые сплавы марок ЮН13ДК24, ЮН14К24, ЮН14ДК25А, обладающие высокой твердостью и поэтому обрабатываемые только шлифованием.

При определении усилий зажима магнитных приводов следует исходить из условий, что современные приспособления с постоянными магнитами при тщательно обработанной базовой

ЛЕКЦИЯ 10

РАСЧЕТ И ВЫБОР СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Расчет требуемых точностных показателей приспособлений

проводится в следующей последовательности.

1. На основании операционной карты обработки и операционного эскиза намечается схема установки (базирования и закрепления) обрабатываемой заготовки в приспособлении и выбираются установочные элементы.

2. Исходя из заданной точности выдерживаемого размера обрабатываемой детали предъявляются требования к соответствующим размерам приспособлений.

Существует два способа определения допусков на размеры приспособления, от которых зависит точность обрабатываемой детали. По первому способу допуски обычно берут меньше от 0,3 до 0,1 величины допусков на размеры, выдерживаемых при обработке детали. Однако более целесообразным и приемлемым с экономической точки зрения является второй способ, когда определение этих допусков производится расчетно-аналитическим методом.

Ожидаемая результирующая погрешность для каждого выдерживаемого при помощи приспособления размера не должна выходить за пределы допуска, то есть

$$T \geq \omega \quad (1)$$

где ω – ожидаемая результирующая погрешность обработки заданного геометрического параметра;

T – допуск на операционный размер, обеспечиваемый на данном приспособлении.

Все погрешности, входящие в состав суммарной погрешности обработки, могут быть разделены на следующие основные группы:

1) погрешность установки ω_y . Чаще всего обусловлена приложением сил к заготовке для обеспечения постоянства положения, достигнутого при базировании. Таким образом, погрешность установки равна сумме погрешностей базирования $\omega_{баз}$ и закрепления ω_z . Погрешность закрепления возникает в результате деформаций и перекосов устанавливаемой детали, а также вследствие неточности изготовления поверхностей, которыми она соприкасается с установочными элементами приспособления. Ее величина обычно колеблется в пределах 10-100 мкм. Во многих случаях, учитывая объем и сложность решения конкретной задачи, этой погрешностью можно пренебречь;

2) погрешность обработки $\omega_{обр}$. Обусловлена спецификой метода обработки, точностными показателями станка, неравномерностью припуска и твердости заготовки, поступающей на обработку. При всех видах механической обработки она может быть определена.

3) суммарная погрешность приспособления $\omega_{пр}$. Возникает из-за неточности изготовления его деталей и сборки. Таким образом, часть допуска T , ограничивающая погрешности приспособления обуславливает точностные показатели приспособления. Суммарный допуск, ограничивающий погрешности приспособления $T \geq \omega_{пр}$ является исходной величиной для расчета соответствующих показателей точности приспособления (точность размера, относительного положения и др.);

4) погрешности ω_H настройки инструмента на заданный размер приближенно можно принять:

$$\omega_H = (0,1 \dots 0,2)T; \quad (2)$$

5) погрешность от размерного износа инструмента $\omega_{изн}$. Можно считать при обработки с одной стороны

$$\omega_{изн} = u_0 VT_{стк}. \quad (3)$$

Для диаметральных размеров

$$\omega_{изн} = 2u_0 VT_{стк}, \quad (4)$$

где u_0 – величина относительного износа режущего инструмента, мм/м;

V – скорость резания, м/мин;

$T_{\text{стк}}$ – время работы инструмента между двумя смежными поднастройками станка, мин.

Допуск на размер обрабатываемой детали T должен быть больше или равен сумме вышеперечисленных погрешностей, возникающих при механической обработке деталей на металлорежущих станках, т.е.

$$T \geq \sqrt{\omega_{\text{баз}}^2 + \omega_3^2 + \omega_{\text{обр}}^2 + \omega_{\text{пр}}^2 + \omega_{\text{и}}^2 + \omega_{\text{изн}}^2} \quad (5)$$

откуда

$$\omega_{\text{пр}} \leq \sqrt{(T - \omega_{\text{н}} - \omega_{\text{изн}})^2 - \omega_{\text{баз}}^2 - \omega_3^2 - \omega_{\text{обр}}^2} \quad (6)$$

Определив суммарную допустимую погрешность приспособления $\omega_{\text{пр}} \leq T_{\text{пр}}$, делим ее на возможные погрешности составляющих элементов приспособления и тем самым предъявляем конкретные требования к точностным показателям как приспособления в целом, так и деталей в частности.

При невозможности выполнения условия $T_{\text{пр}} \geq \omega_{\text{пр}}$ рекомендуется уточнить схему установки детали, исключить или уменьшить погрешность базирования, повысить точность приспособления и, в крайнем случае, заменить метод обработки.

При этом важно на какую из баз комплекта направлено силовое замыкание, и будет ли на базу действовать одна сила зажима или несколько, т.е. на каждый установочный элемент. Например, на установочную базу может быть направлена одна сила или три, т.е. на каждый установочный элемент. В тех случаях, когда прикладывается одна сила, точка ее приложения должна совпадать с точкой, равноудаленной от каждого из трех установочных элементов. На этом же этапе определяют необходимость в дополнительных опорах.

Разработка чертежа общего вида приспособления производится в следующем порядке:

– согласно принципиальной расчетной схеме, вычерчивают контур обрабатываемой заготовки (М 1:1) в необходимом количестве проекций, расположенных на расстоянии, достаточном для дальнейшего нанесения деталей приспособления. Контур обрабатываемой заготовки (детали) вычерчивают синим карандашом. Заготовка считается условно прозрачной. Чертеж заготовки на главном виде должен соответствовать рабочему положению заготовки при обработке на станке;

– вычерчивают контур выбранных установочных элементов приспособления (планки, пальцы призмы, оправки и т.п.). При размещении опор следует учитывать принятую схему базирования заготовки, направление действия сил резания и зажима, действующие стандарты на детали и узлы станочных приспособлений;

– вычерчивают контуры зажимного устройства с учетом выбранного типа приспособления;

– выбирают по стандартам и вычерчивают контуры вспомогательных деталей и механизмов приспособлений (рукоятки, выталкиватели и т.п.);

– наносят контуры корпуса приспособления, объединяя в одно целое все его элементы, используя при этом по возможности стандартные формы заготовок корпусов;

– вычерчивают остальные проекции приспособления, объединяя в одно целое все его элементы, используя при этом по возможности стандартные формы заготовок корпусов;

– вычерчивают остальные проекции приспособления и определяют правильность расположения всех элементов и механизмов приспособления с учетом удобства его сборки и разборки, ремонта, установки и снятия заготовки, удаления стружки, управления и контроля. Особое внимание уделяют вопросам техники безопасности при обслуживании приспособления, а также требованиям технической эстетики;

- вычерчивают необходимые проекции разрезов и сечений, поясняющих конструкцию приспособления;

- проставляют размеры, допуски и посадки на все сопряжения деталей, определяющие точность обработки, по садочные размеры, а также габаритные, контрольные и координирующие размеры с отклонениями, характеризующими расстояния между осями.

В соответствии со стандартами ЕСКД составляют спецификацию деталей приспособления, над штампом чертежа записывают техническую характеристику и технические требования на изготовление, эксплуатацию и сборку приспособления, определяют уровень унификации приспособления.

В технических требованиях, приводимых в сборочном чертеже, указывается необходимая точность сборки, пределы регулировки составляющих элементов, методы проверки при установке приспособления на станке, условия на взаимное положение его отдельных поверхностей и другие данные.

ЛЕКЦИЯ 11

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

На станках токарной группы широко применяют универсальные приспособления (УСП). Детали типа тел вращения (фланцы, зубчатые колеса, втулки, стаканы, короткие валики и др.) устанавливают в 3-кулачковые самоцентрирующие токарные патроны. Для установки деталей типа валов в центрах применяют передний и задний центры. Передача крутящего момента осуществляется поводковыми патронами: кулачковыми, зубчатыми и штырьковыми.

К токарным патронам предъявляют следующие основные требования:

- а) высокая точность и жесткость, обеспечивающая возможность использования полной мощности станка при черновой обработке;
- б) быстродействие зажима-разжима заготовок;
- в) быстрая переналадка кулачков на требуемый диаметр;
- г) снижение или даже исключение влияния центробежных сил на уменьшение силы зажима при высоких частотах вращения шпинделя;
- д) наличие достаточно большого отверстия для возможности обработки прутковых заготовок; широкая универсальность, обеспечивающая установку заготовок различной формы и размеров;
- е) быстрая переналадка на установку заготовок в центрах.

Токарный 3-кулачковый быстропереналаживаемый универсальный патрон для установки заготовок типа «диск», «вал» как в патроне, так и в центрах, предназначен для токарных станков с ЧПУ (рис. 1).

Патрон состоит из корпуса 7, основных кулачков 1 и наклонных закаленных кулачков 3, сменной вставки 6 с плавающим центром 5 и эксцентриков 2, в кольцевые пазы которых входят шрифты 13. Быстрый зажим и разжим накладных кулачков при переналадке осуществляется тягами 4 при вращении эксцентриков 2.

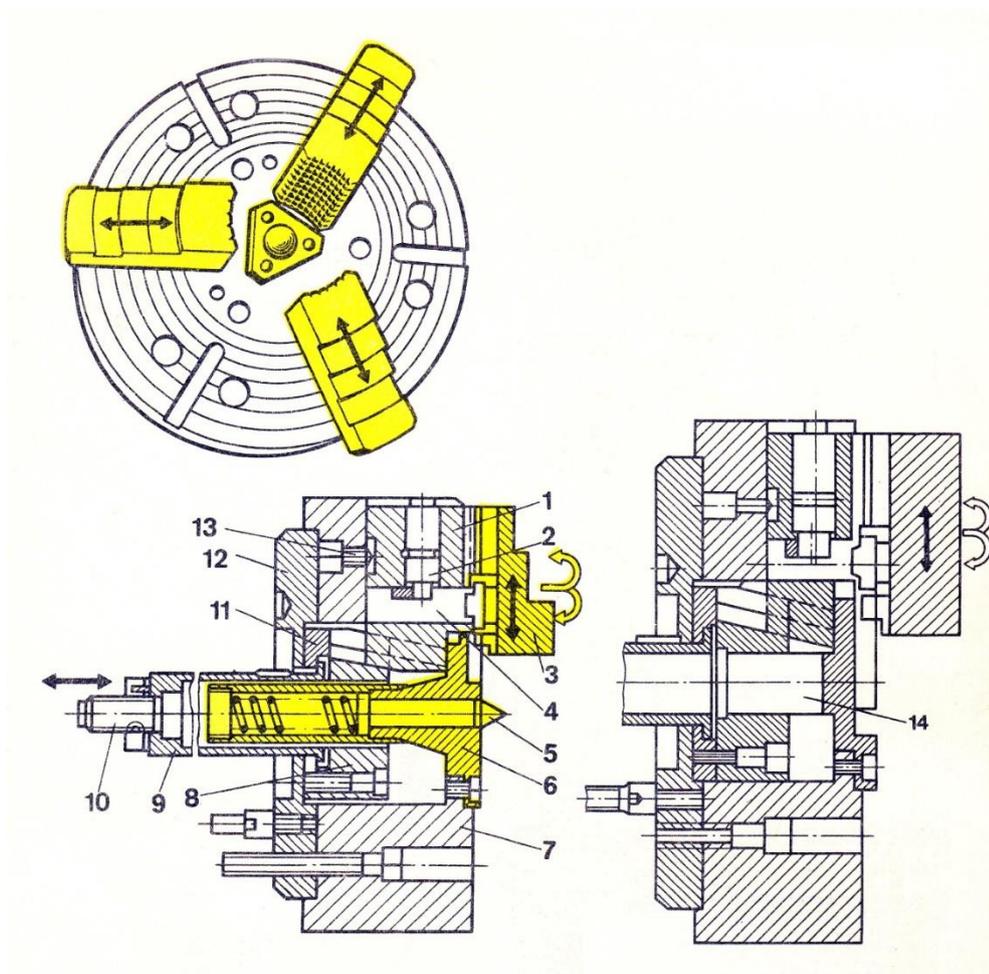


Рис. 1. Универсальный 3-кулачковый токарный патрон

Для обработки деталей типа «вал» в патрон устанавливают сменную вставку 6 с плавающим центром 5 и выточкой по наружному диаметру. Заготовку устанавливают в центрах (центре 5 и заднем центре станка) и зажимают плавающими кулачками с помощью втулки 8 с клиновыми замками, которая соединена с приводом, установленным на заднем конце шпинделя станка. Разжим осуществляется с помощью фланца 11.

Для выполнения работ в патроне с самоцентрирующимися кулачками сменную вставку 6 заменяют вставкой 14, которая не имеет выточки по наружному диаметру, благодаря чему обеспечивается самоцентрирование патрона. Патрон крепят на шпиндель станка с помощью фланца 12. Патрон к приводу присоединяют втулкой 9 и винтом 10.

Современные режущие инструменты, оснащенные твердыми сплавами

или режущей керамикой, допускают высокую скорость резания. Поэтому станки с ЧПУ для увеличения производительности обработки имеют частоты вращения шпинделя до $10\,000\text{ мин}^{-1}$.

Однако с увеличением частоты вращения шпинделя станка увеличивается действие на кулачки центробежных сил, которые уменьшают силу зажима кулачков, что сокращает возможность максимального использования мощности привода станков. Центробежная сила, пропорциональна частоте вращения в квадрате:

$$F_{ц} = MR\omega^2 = \frac{GR\omega^2}{g} = 0.102GR\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 = \frac{MRn^2}{100}, \quad (1)$$

где M — масса кулачков, кг; R — расстояние от оси патрона до центра тяжести кулачка, мм; ω — угловая скорость, рад/сек; G — вес кулачков, Н; $g = 9,81\text{ м/сек}^2$ — ускорение свободного падения; n — частота вращения шпинделя, мин^{-1} .

При частотах вращения шпинделя свыше 2000 мин^{-1} фактической силой зажима заготовки будет не статическая сила $Q_{ст}$, а динамическая сила $Q_{дин}$. Для определения при заданной частоте вращения шпинделя требуемой статической силы зажима необходимо алгебраически суммировать динамическую силу зажима с центробежной силой $F_{ц}$:

$$Q_{ст} = Q_{дин} \pm F_{ц}, \quad (2)$$

где знак «+» относится к заготовке, зажимаемой по наружной поверхности кулачков, а знак «-» относится к заготовке, зажимаемой по их внутренней поверхности.

Динамическая сила зажима может быть определена по формуле:

$$Q_{дин} = Q_{ст} \mp F_{ц} \quad (3)$$

или

$$Q_{дин} = \frac{1,2kP_z d}{fd_1} \mp \frac{MRn^2}{100}, \quad (4)$$

где $1,2$ — коэффициент, учитывающий влияние осевой P_x и радиальной P_y составляющих силы резания; k — коэффициент надежности, принимаемый

2,5; d — диаметр обработки; d_1 — диаметр заготовки в месте закрепления ее кулачками; f — коэффициент трения между заготовкой и кулачками (при закреплении остальных заготовок гладкими кулачками $f=0,1\dots0,15$, кулачками с мелкими зубьями $f=0,12\dots0,20$, кулачками с крупными зубьями $f = 0,25\dots0,35$).

Предполагая, что $P_x = P_y = 0,25P_z$, где P_z — главная составляющая силы резания:

$$Q_{дин} = \frac{k}{f} \sqrt{\left(P_z \frac{d}{d_1}\right)^2 + (0,25P_z^2)} \mp \frac{MRn^2}{100} = \frac{k}{f} P_z \sqrt{\left(\frac{d}{d_1}\right)^2 + (0,06)} \mp \frac{MRn^2}{100} \quad (5)$$

Допускаемую частоту вращения можно определить по формуле:

$$n_{доп} = \frac{30}{\pi} \sqrt{(Q_{ст} - Q_{дин}) \frac{1}{\Sigma MR}}, \quad (6)$$

где ΣMR — суммарный центробежный момент 3-кулачкового патрона.

Если расчетная сила зажима превышает силу зажима, обеспечиваемую конкретным патроном (указанную в его технической характеристике), то нужно либо уменьшить глубину резания и подачу, либо снизить частоту вращения шпинделя, уменьшив тем самым центробежную силу.

Более эффективным является снижение частоты вращения, поскольку из-за квадратичного увеличения центробежной силы влияние ее на допустимую частоту вращения является доминирующим.

Принято считать надежной такую частоту вращения патрона, при которой для удержания заготовки стандартными кулачками приходится 30% от максимально достижимой статической силы зажима. Эта частота вращения для стандартных патронов с кулачками, не выступающими за наружный диаметр патрона, указывается в технической документации на токарный патрон.

Для уменьшения влияния центробежных сил уменьшают массу кулачков, путем изготовления кулачки из деформируемого алюминиевого сплава с твердосплавными или стальными закаленными вставками,

контактирующими с зажимаемой заготовкой.

Другим средством уменьшения влияния центробежных сил является использование токарных патронов с устройством уравнивания центробежных сил, которое противодействует возникающим центробежным силам при помощи встроенных в патрон противовесов (рис. 2).

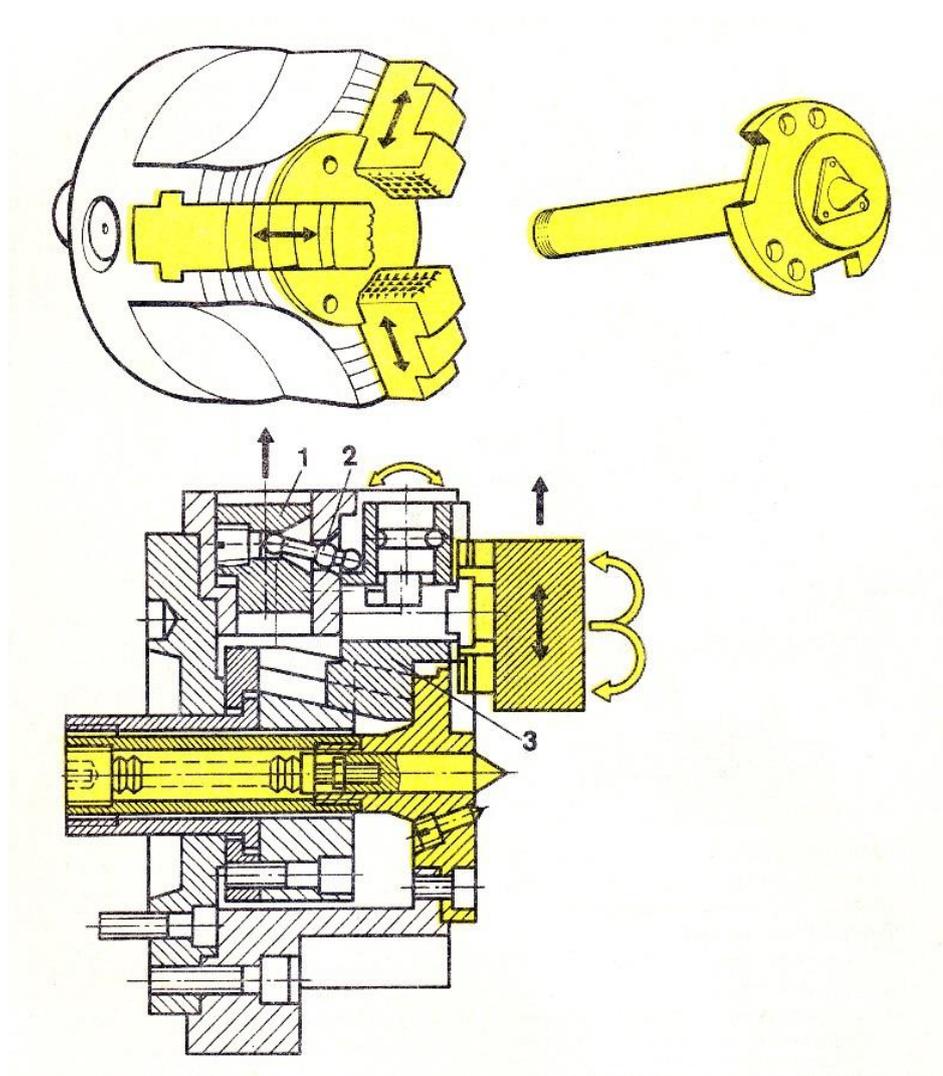


Рис. 2. Универсальный 3-кулачковый токарный патрон с противовесами кулачков

Центробежные силы, действующие на противовесы 1, через рычаги 2 действуют на кулачки 3, компенсируя центробежные силы, действующие на кулачки.

Распространенным способом передачи крутящего момента заготовкам является применение поводковых патронов с торцовыми самоустанавливающимися зубьями или штырьками (рис. 3).

При установке заготовки 1 вращающийся центр 2 задней бабки поджимает заготовку в осевом направлении к центру 3, и штырьки 4 врезаются в торец заготовки на одинаковую величину независимо от величины отклонения перпендикулярности торца заготовки относительно ее оси.

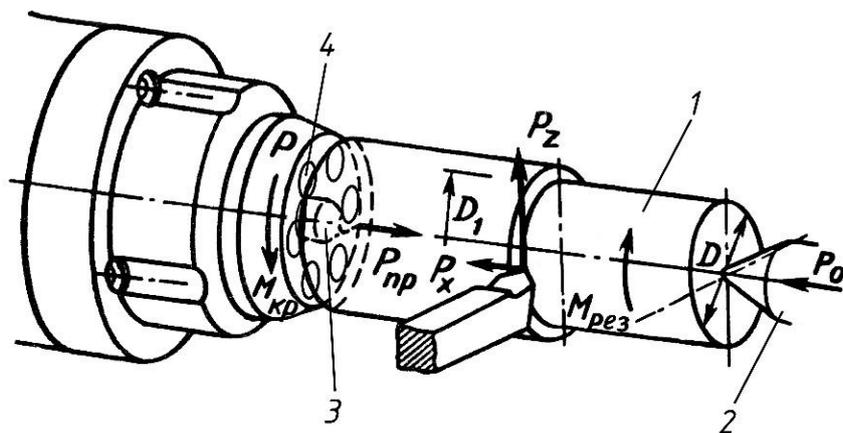


Рис. 3. Схема сил, действующих на заготовку, закрепленную в штырьковом патроне

Крутящий момент $M_{кр}$, передаваемый штырьками, должен быть больше момента резания $M_{рез} = M_p$ (рис. 3):

$$M_{кр} > M_p; \quad M_p = P_z \frac{D}{2}, \quad (7)$$

где P_z — главная составляющая силы резания; D — диаметр обработки;

$$M_{кр} = mP \frac{D_1}{2} \quad (8)$$

$$P = mP_{окр}, \quad (9)$$

где m — число штырьков; $P_{окр}$ — окружная сила, передаваемая одним штырьком; D_1 — диаметр окружности центров штырьков; P — общая окружная сила. Осевая сила P_1 , действующая на один штырек, определяется из общей осевой силы P_0 :

$$P_1 = P_0 / m. \quad (10)$$

Общая осевая сила P_0 алгебраически суммируется из силы, создаваемой

задним центрам P_0 , силы пружины плавающего центра P_{np} и осевой составляющей силы резания P_x :

$$P_0 = P'_0 + P_x - P_{np}; P_{np} = cl, \quad (11)$$

где c — жесткость пружины; l — длина хода пружины. Окружная сила, передаваемая одним штырьком

$$P = kP^a \quad (12)$$

где при обработке стальных заготовок $k = 0,63 \dots 0,89$; $a = 1,1$.

Наименьший наружный диаметр заготовки примерно равен наружному диаметру D_1 окружности приводных штырьков, а наибольший наружный диаметр заготовки может быть в 2—3 раза больше наружного диаметра D_1 расположения штырьков (приводного диаметра).

ЛЕКЦИЯ 12

РАСЧЕТЫ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА И СИЛЫ ПОДАЧИ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЗАГОТОВКУ

Целью расчетов является определение силы W , необходимой для зажима заготовки.

Ранее установлено, как рассчитать величину потребляемой мощности P_c , необходимую для выполнения:

а) перехода точения

$$P_c = V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c / 60 \times 10^3, \quad (\text{кВт})$$

где V_c – скорость резания, (мм/мин); a_p – глубина резания (мм); f_n – подача, мм/об; $k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c}$ ($k_{c1.1}$ – характеристика обрабатываемого материала (Н/мм²), которая представляет собой силу резания F_c , необходимую для срезания стружки толщиной 1 мм; m_c – показатель степени).

б) перехода фрезерования

$$P_c = a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot k_{c1.1} / 60 \times 10^6, \quad (\text{кВт})$$

где a_e – ширина резания (мм); V_f – скорость подачи (например, подачи стола) (мм/мин).

в) перехода сверления

$$P_c = f_n \cdot V_c \cdot D_c \cdot k_{c1.1} / 240 \cdot 10^3, \quad (\text{кВт})$$

где $V_c = \pi \cdot D_c \cdot n / 1000$; D_c – диаметр сверла, мм; n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

Крутящий момент M_c (Н·м) передаваемый от шпинделя станка режущему инструменту в процессе обработки:

$$M_c = 30P_c \cdot 10^3 / \pi n \quad (\text{Н·м})$$

Сила подачи F_f при **точении и фрезеровании** рассчитывается по формуле:

$$F_f = k_c \cdot a_p \cdot f_n, \quad (\text{Н})$$

При **сверлении** сила подачи F_f рассчитывается по формуле:

$$F_f = 0,25 \cdot D_c \cdot k_c \cdot f_n \cdot \sin \kappa_r, \quad (\text{Н})$$

где $\kappa_r = 130^\circ$ – угол при вершине спирального сверла при обработке материалов группы Р; $\kappa_r = 110^\circ$ – при обработке материалов группы N; $\kappa_r = 90^\circ$ – для центровочных сверл.

Необходимые для расчетов сведения об обрабатываемых материалах приведены в табл. 1.

1. Сведения об обрабатываемых материалах

Группа Р	Описание марок сталей	Примеры	Коэффициенты	
			$k_{c1.1}$	m_c
Р1	Углеродистые (нелегированные) стали	Сталь 45	1350	0,21
Р3	Легированные стали	18ХГТ	1800	0,24
Р4	Легированные инструментальные стали	ХВГ	1900	0,24
Группа N	Описание алюминиевых сплавов	Примеры	Коэффициенты	
			$k_{c1.1}$	m_c
N1	Деформируемые после термообработки	В95Т1	1100	0,22
N2	Содержание кремния менее 4%	АМг2	850	0,24
N3	Содержание кремния более 12,2%	АЛ30	700	0,25

Обрабатываемая заготовка находится в равновесии вследствие действия сил как возникающих в процессе обработки, так и зажима и реакции опор.

Основными силами процесса обработки являются силы резания. При расчете сил зажима также учитываются силы веса, центробежные и инерционные, возникающие при условиях с высокой частотой вращения заготовки.

Величина сил зажима W рассчитывается исходя из условия равновесия всех перечисленных сил при полном сохранении контакта базовых

поверхностей обрабатываемой детали с установочными элементами приспособления и при исключении возможности сдвига в процессе обработки.

При расчетах следует определять требуемую силу зажима W с учетом коэффициента запаса k , предусматривающего возможное увеличение силы резания из-за затупления режущего инструмента, неоднородности обрабатываемого металла, неравномерности припуска, непостоянства установки, ненадлежащего закрепления заготовки и т.д. Минимальный коэффициент запаса $k = 1,5$.

Зажимные устройства приспособлений должны быть такими, чтобы: а) при зажиме не нарушалось заданное положение детали; б) приложение силы зажима было как можно ближе к месту обработки; в) точка приложения силы зажима находилась в зоне, образованной условными линиями, соединяющими опорные точки детали в приспособлении; г) зажимы не вызывали деформации деталей и порчи их поверхностей; д) силы резания минимально воздействовали на зажимные устройства; е) при закреплении нежестких деталей силы зажима располагались над опорами или близко к ним.

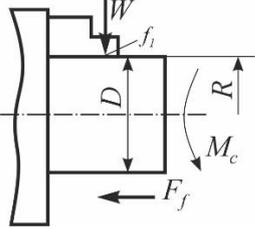
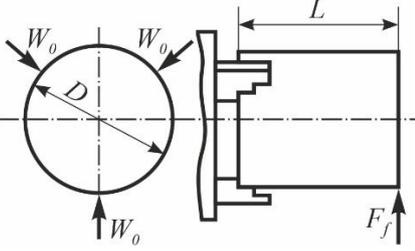
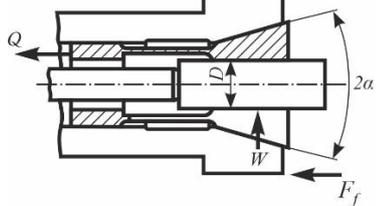
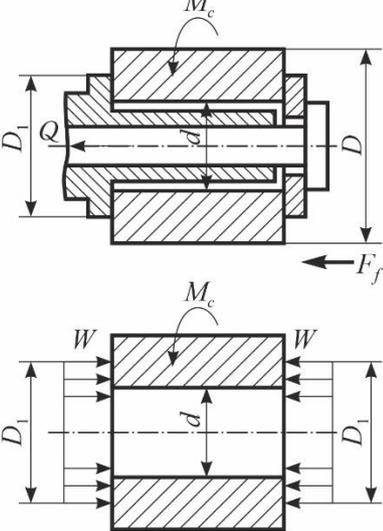
Расчет сил зажима в заданиях может быть сведен к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. Для упрощения изложения место приложения внешних сил и их направления заданы.

Необходимо определить следующие величины:

1. Силу подачи F_f и момент M_c , воздействующие на обрабатываемую заготовку.
2. Силу зажима W , рассчитанную с учетом сил подачи F_f , моментов M_c , коэффициентов трения и коэффициента запаса k .
3. В некоторых случаях надо определить силу W_o , с которой один кулачок токарного патрона воздействует на заготовку.

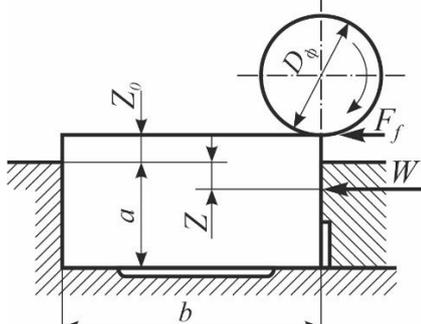
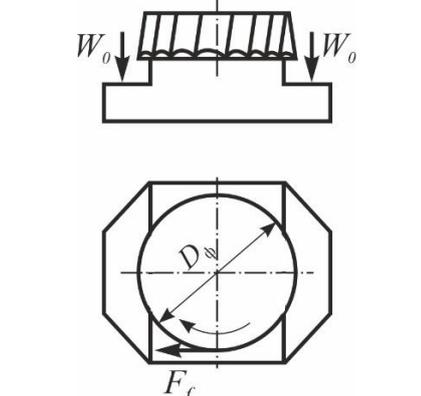
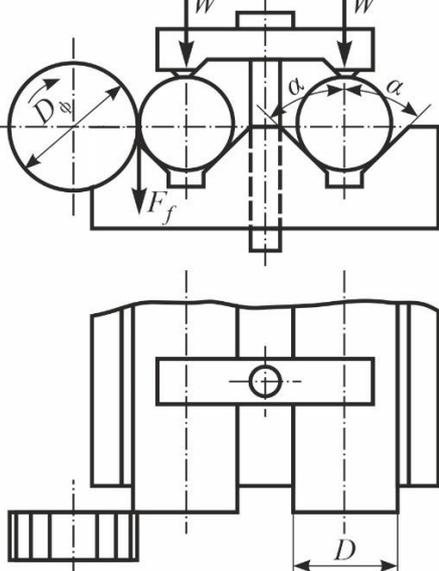
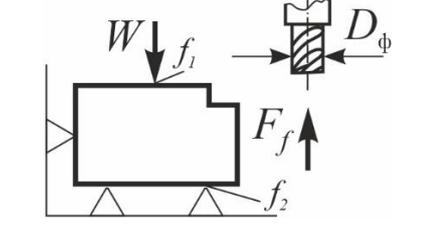
Для определения сил зажима W и W_o в табл. 2 – 4 приведены расчетные формулы.

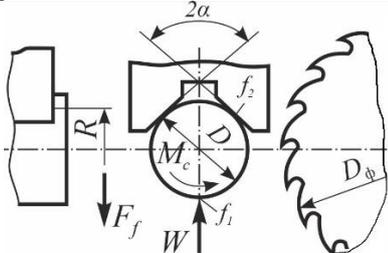
2. Варианты переходов в операциях токарной обработки

Вид перехода обработки резанием	Эскиз	Расчетная формула
Точение заготовки, закрепленной в 3-кулачковом токарном патроне		$W = \frac{kM_c}{3f_1R} \cdot 10^3$
Подрезка торца заготовки, закрепленной в 3-кулачковом токарном патроне		$W_0 = \frac{1,33kLF_f}{f_1 * D}$
Точение прутка, закрепленного в в цанге шпинделя электромеханическим приводом с Q=25 кН		$W = Q / [tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2]$
Обтачивание заготовки, закрепленной винтовым механизмом с резьбой М16х2 на оправке с зазором		$W = \frac{3,8kM_c(D^2 - d^2)}{f_1(D_1^3 - d^3)} \cdot 10^3$

Примечания к табл. 1. Буквы в формулах обозначают: Q – сила тяги механизма привода; F_f – сила подачи; D – диаметр заготовки; D₁ – диаметр фланца; R = 0,71D – радиус поворота заготовки в месте зажима в 3-кулачковом токарном патроне; L – длина заготовки; d – диаметр зажимной поверхности заготовки; α – угол уклона конуса конической поверхности цанги; φ₁ – угол трения на поверхности конуса цанги, φ₁ = 3°; φ₂ – угол трения на поверхности прутка, φ₂ = 12°; k – коэффициент запаса. Для кулачков токарных патронов с гладкой поверхностью f₁ = 0,25; f₁ – коэффициент трения по торцам фланцев, f₁ = 0,10...0,15.

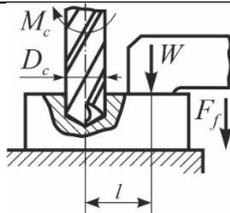
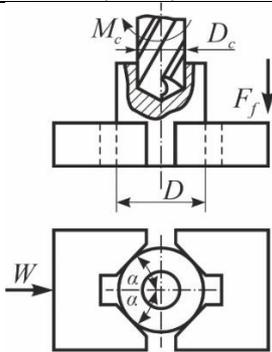
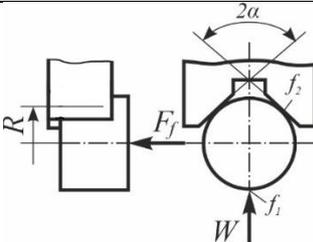
3. Варианты переходов в операциях фрезерования

Вид перехода обработки резанием	Эскиз	Расчетная формула
Фрезерование заготовки, закрепленной в тисках, цилиндрической фрезой		$W = k \frac{F_f(b + af) + F_f z_0}{af^2 + bf + z}$
Фрезерование торцевой фрезой заготовки, закрепленной рычажными механизмами в количестве n штук		$W = W_0 n = \frac{k}{f} F_f$
Фрезерование торцевой фрезой торцов прутков, закрепленных качающимся рычагом винтовым механизмом в призмах приспособления		$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \alpha F_f$
Фрезерование концевой фрезой заготовки, закрепленной в приспособлении прихватом		$W = \frac{k F_f}{f_1 + f_2}$

<p>Отрезка заготовки из прутка, закрепленной в призме гидроцилиндром, на фрезерно-центральной станке</p>		$W = \frac{kM_c}{R(f_1 + f_2)} \cdot 10^3$
--	---	--

Примечания к табл. 2. Буквы в формулах обозначают: F_f – сила подачи; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов: для гладких поверхностей $f = 0,25$; с крестообразно нарезанными канавками $f = 0,45$; k – коэффициент запаса; n – число прихватов; 2α – угол призмы, град; R – радиус заготовки в месте зажима, $R = 0,71D$; f_1 – коэффициент трения с установочными элементами; f_2 – коэффициент трения с зажимными элементами; D_ϕ – диаметр фрезы; k – коэффициент запаса, $k = 1,5$.

4. Варианты переходов в операциях сверления

Вид перехода обработки резанием	Эскиз	Расчетная формула
<p>Сверление заготовки, закрепленной на столе станка Г-образным рычажным механизмом</p>		$W = \frac{kM_c}{f \cdot l} \cdot 10^3$
<p>Сверление заготовки, закрепленной в тисках с губками-призмами с ручным приводом</p>		$W = \frac{kM_c \sin \alpha}{f \cdot D} \cdot 10^3$
<p>Центрование заготовки из прутка, закрепленной в призме гидроцилиндром центровочным сверлом диаметром D_c</p>		$W = \frac{kF_f}{f_1 + f_2}$

Примечания к табл. 3. Буквы в формулах обозначают: M_c – крутящий момент на сверле; f_1 и f_2 – коэффициент трения на рабочих поверхностях: для гладких поверхностей $f = 0,25$, с крестообразно нарезанными канавками $f = 0,45$; 2α – угол призмы, град, $\alpha = 45^\circ$; k – коэффициент запаса, $k = 1,5$; R – радиус заготовки в точке зажима; D – диаметр заготовки; l – расстояние от оси сверла до точки приложения силы зажима W ; D_c – диаметр сверла.

Пример расчета силы зажима W заготовки, закрепленной в 3-кулачковом токарном патроне (рис. 1 и табл. 5).

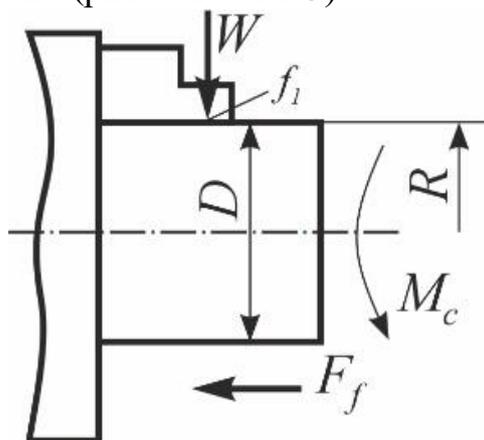


Рис. 1. Эскиз для расчета силы зажима W заготовки, закрепленной в 3-кулачковом токарном патроне

5. Факторы токарной обработки в примере расчета

Группа материала заготовки	D , мм	n , мин ⁻¹	f_n , мм/об	a_p , мм
РЗ	80	300	0,6	6

Искомые величины определяются в следующем порядке.

1. Сила подачи F_f и момент M_c , действующие на обрабатываемую заготовку.

2. Сила зажима W каждым кулачком патрона, рассчитанную с учетом момента M_c , коэффициента трения f_i и коэффициента запаса k .

Величина потребляемой мощности P_c , необходимая для выполнения перехода точения:

$$P_c = V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c / 60 \times 10^3, \quad (\text{кВт})$$

где V_c – скорость резания, (м/мин); a_p – глубина резания (мм); f_n – подача, мм/об; $k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c}$ ($k_{c1.1}$ – характеристика обрабатываемого материала (Н/мм²), которая представляет собой силу резания F_c , необходимую для срезания стружки толщиной 1 мм; m_c – показатель степени;

$$V_c = \pi D n / 1000 = 3,14 \cdot 80 \cdot 300 / 1000 = 75,4 \quad \text{м/мин}$$

Для материала «Легированная сталь 18ХГТ» группы **P3** из табл. 1 коэффициенты $k_{c1.1} = 1800$ и $m_c = 0,24$. Тогда

$$k_c = k_{c1.1} \cdot a_p^{-m_c} = 1800 \cdot 6^{-0,24} = 1800 \cdot 0,650 = 1171 \text{ Н/мм}^2$$

Определяем величину потребляемой мощности P_c

$$P_c = 75,4 \cdot 6 \cdot 0,6 \cdot 1171 / 60 \times 10^3 = 5,3 \text{ кВт}$$

Вычисляем величину крутящего момента:

$$M_c = 30P_c \cdot 10^3 / \pi n = 30 \cdot 5,3 \cdot 10^3 / \pi \cdot 300 = 168,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Вычисляем силу подачи F_f при точении:

$$F_f = k_c \cdot a_p \cdot f_n = 1171 \cdot 6 \cdot 0,6 = 4215 \text{ Н}$$

Для определения силы зажима W заготовки каждым кулачком 3-х кулачкового токарного патрона используем формулу из табл. 2:

$$W = \frac{kM_c}{3f_1R} \cdot 10^3$$

где $R = 0,71D$ – радиус поворота заготовки в месте зажима в 3-кулачковом токарном патроне, мм; $f_1 = 0,25$ – коэффициент трения на гладких рабочих поверхностях кулачков; $k = 1,5$ – коэффициент запаса.

Вычисляем силу W зажима:

$$W = 1,5 \cdot 168,7 \cdot 1000 / 3 \cdot 0,25 \cdot 0,71 \cdot 80 = 5940 \text{ Н}$$

ЛЕКЦИЯ 13

СИСТЕМЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Вспомогательный инструмент (ВИ) для ГПМ и ГПС снабжается присоединительными поверхностями для крепления режущего инструмента, для крепления в соответствующем узле станка и под захват автооператора (при наличии автоматической смены инструмента из отдельного магазина).

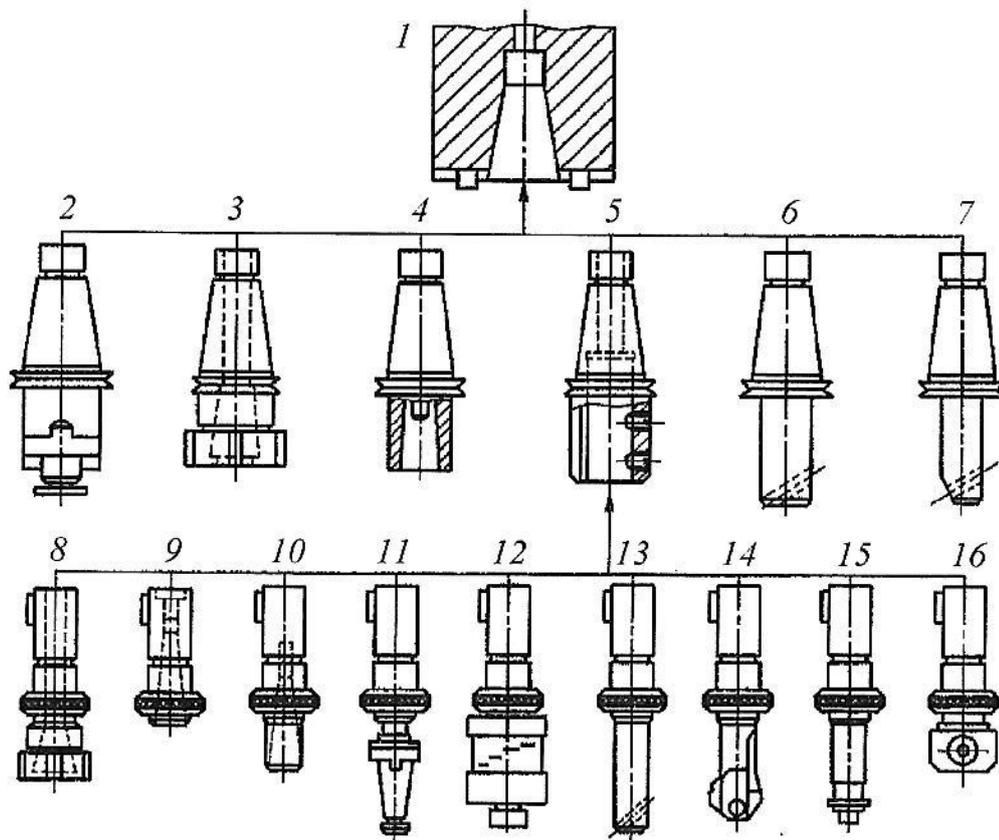
Для получения деталей нужных размеров (без пробных проходов) в соответствии с программой в конструкцию ВИ входят устройства, обеспечивающие регулирование положения режущих кромок.

Основными требованиями к ВИ являются:

- а) точность и жесткость крепления режущего инструмента с учетом интенсивных режимов работы;
- б) обеспечение в необходимых случаях регулирования положения режущих кромок инструмента относительно координат станка;
- в) удобство обслуживания и быстросменность;
- г) технологичность изготовления.

Номенклатура ВИ для сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ (многоцелевых), приведена на рис. 1. Конструкции ВИ унифицированы на базе ГОСТ 25827-2014 «Хвостовики инструментов с конусом 7:24 для станков с ЧПУ. Основные размеры».

Для станков классов точности Н и П установлена степень точности хвостовиков АТ5, для станков классов точности В и А – АТ4. Вспомогательный инструмент изготавливают из стали 18ХГТ с цементацией и закалкой до твердости 53-57 HRC_э, что обеспечивает достаточную долговечность и отсутствие деформаций после термической обработки



Состав вспомогательного инструмента,
входящего в нормативный комплект инструмента
для сверлильно-расточных станков с ЧПУ:

- 1 – конец шпинделя; 2 – оправка для насадных фрез с поперечной шпонкой; 3 – патрон цанговый с диапазоном зажима 20–40 мм; 4 – втулка переходная для концевых фрез с конусом Морзе с резьбовым отверстием; 5 – державка для регулируемых патронов, втулок и оправок; 6 – оправка расточная для черного растачивания отверстий; 7 – оправка расточная для чистового растачивания; 8 – патрон регулируемый цанговый с диапазоном зажима 5–25 мм; 9 – втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе; 10 – втулка регулируемая длинная с внутренним конусом Морзе; 11 – оправка регулируемая для насадных зенкеров и разверток; 12 – патрон регулируемый резьбонарезной; 13 – оправка регулируемая для черного растачивания; 14 – оправка регулируемая для крепления пластин перовых сверл; 15 – оправка регулируемая для дисковых фрез; 16 – патрон расточный регулируемый

Рис. 1

Основные виды ВИ для сверлильно-фрезерно-расточных станков представлены ниже.

Патроны цанговые (рис. 2) с конусом 7:24 предназначены для закрепления концевых фрез, сверл и других режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком черт. диаметрами в диапазоне 3...20 мм.

Высокая надежность крепления достигается за счет увеличения числа прорезей цанги (до 8...12), что придает ей повышенную эластичность и уменьшает потери сил на деформацию лепестков. Конусность цанги – 1:5.

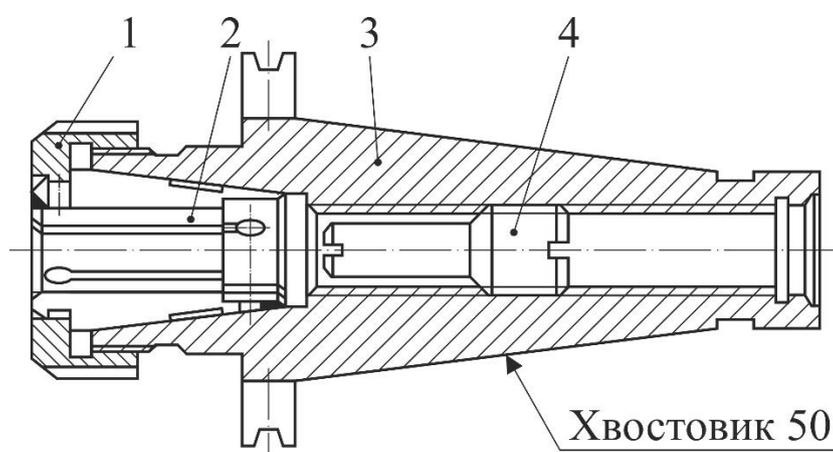


Рис. 2. Патрон цанговый с конусом 7:24 для крепления режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком диаметрами 3...20 мм

Одним из основных (по трудоемкости) видов обработки на станках автоматизированных участков является контурное фрезерование концевыми фрезами. Преимуществами такого метода являются сокращение номенклатуры расточных оправок, возможность обработки отверстий не цилиндрической формы, а также незамкнутых и прерывистых отверстий. Применяются фрезы диаметром 20, 32 и 40 мм.

Для крепления концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком диаметрами 20...40 мм применяются специальные цанговые патроны (рис. 3, поз. 3 на рис. 1)

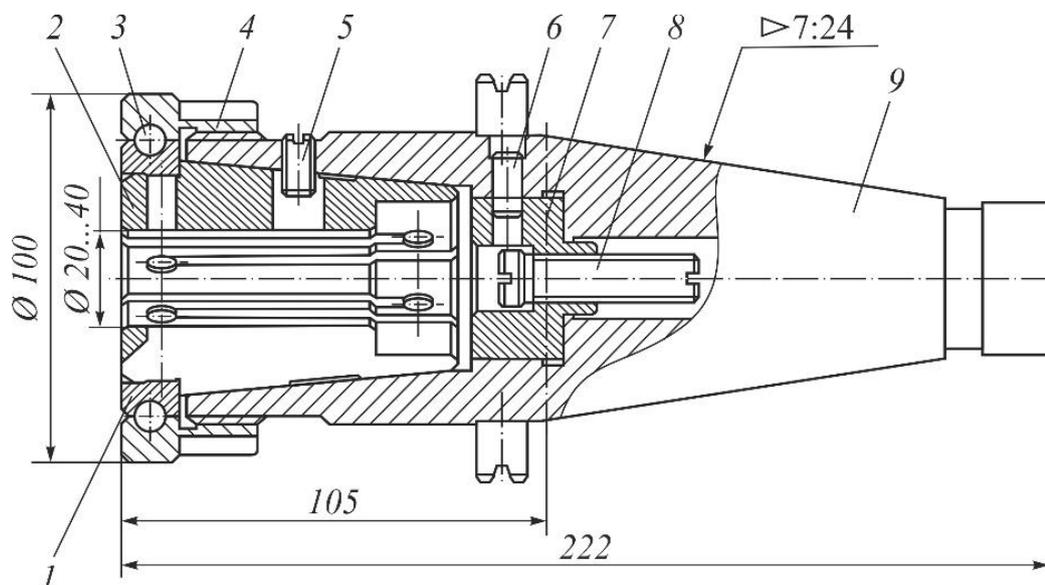


Рис. 3. Патрон цанговый с конусом 7:24 для крепления концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком диаметрами 20...40 мм

Сборная гайка состоит из собственно гайки 4, промежуточного кольца 1 и шариков 3, которые в сборе образуют однорядную шариковую передачу, разгружающую цангу 2 от нагрузок, направленных касательно к её торцу.

Для получения необходимой жесткости крепления цанга 2 имеет большое число прорезей, что придает ей повышенную эластичность и уменьшает потери сил на деформацию лепестков. Конусность цанги выбрана 1:5.

Так как соответствующий угол конуса равен $11^{\circ} 25' 16''$ и коническое соединение цанги с корпусом является самотормозящимся, на переднем конце цанги 2 выполнен буртик, который входит в проточку промежуточного кольца 3. При отвинчивании гайки 4 цанга 2 вытягивается за этот буртик вместе с закрепленным в ней инструментом из корпуса 1.

Для гарантированной передачи крутящих моментов, возникающих в процессе резания, в корпусе 1 расположен сухарь 7, который фиксируется штифтом 6. В окне сухаря 7 располагается поводок закрепляемого инструмента. Для предохранения от осевого перемещения и, в случае необходимости, регулирования положения инструмента предусмотрен винт-упор 8. В связи с возможным возникновением вытягивания фрезы из

цангового патрона предусмотрен фиксирующий винт 5, который дополнительно удерживает оправку от осевого вытягивания.

Патроны регулируемые резьбонарезные (поз. 12 на рис. 1) с предохранительным устройством от поломок метчиков предназначены для нарезания резьб М6...М16. Хвостовик регулируемый цилиндрический диаметрами 36 и 48 мм.

На рис. 4 приведена конструкция регулируемого резьбонарезного патрона, предназначенного для нарезания резьбы машинными метчиками в сквозных и глухих отверстиях.

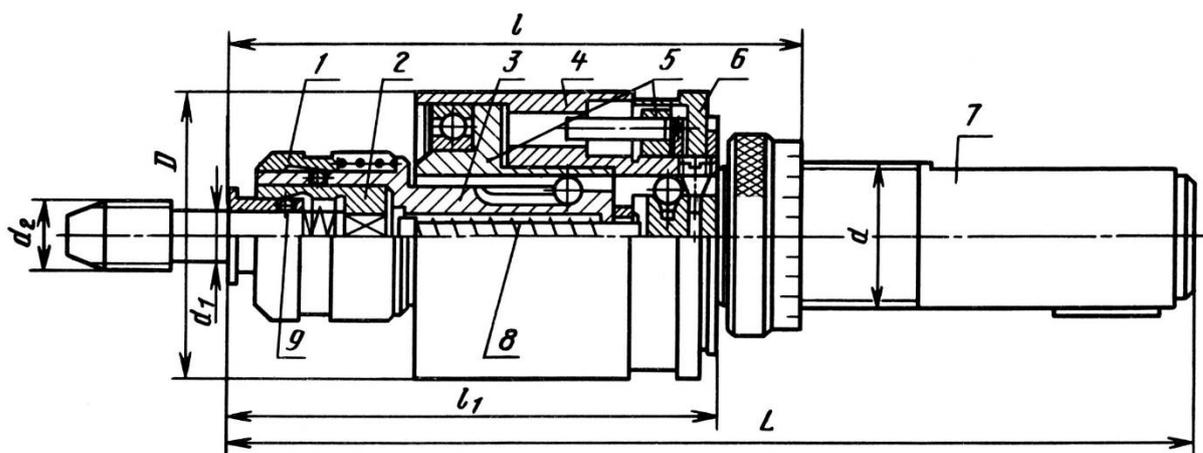


Рис. 4. Регулируемый резьбонарезной патрон с предохранительным устройством для нарезания резьбы метчиками М6...М16

Патрон состоит из корпуса 4, сменного хвостовика 7, предохранительной шариковой муфты 5, выдвигного метчикодержателя 3, быстросменных вставок 2 для метчиков. Величина крутящего момента регулируется гайкой 6.

Метчикодержатель возвращается в исходное положение после нарезания резьбы и выхода метчика из нарезанного отверстия с помощью пружины 8. Нарезание резьбы происходит путем самозатягивания метчика благодаря выдвиганию метчикодержателя. Замена вставки 2 производится нажатием на втулку 1 до совмещения оси внутренней канавки втулки с осью шарика 9.

Цилиндрический хвостовик 13 с трапецеидальной резьбой, шпонкой 14 и гайкой 12 позволяет регулировать расстояние от вершины резца до торца шпинделя станка. Его выполняют привертным для упрощения изготовления.

Вспомогательный инструмент для токарных станков с ЧПУ служит для установки режущего инструмента в револьверных головках. Для этого он снабжен цилиндрическим хвостовиком и лыской, на которой имеются рифления. Базирование резцедержателя производится по цилиндру хвостовика, обеспечивающему точную угловую установку, и по торцу.

Конструкция резцедержателя с цилиндрическим хвостовиком и с перпендикулярным открытым пазом под резцы различных типов приведена на рис. 6.

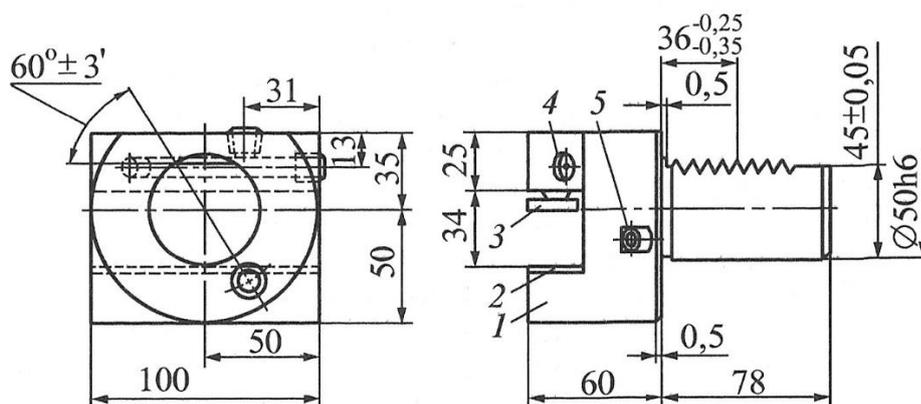
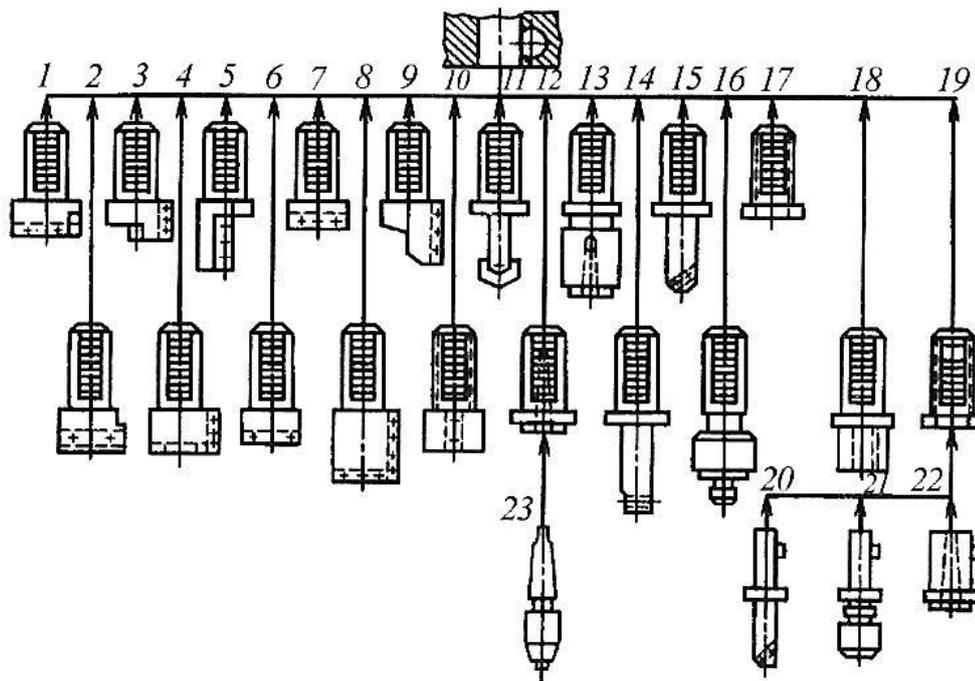


Рис. 6. Конструкция резцедержателя с цилиндрическим хвостовиком

Примерный состав ВИ, входящего в нормативный комплект токарных станков с ЧПУ приведен на рис. 7. Конструкции ВИ унифицированы на базе ГОСТ 24900-2001 «Хвостовики державок цилиндрические для токарных станков с ЧПУ. Основные размеры».

Для установки резца на высоте центров служит подкладка 2. Крепление резца осуществляется с помощью винтов и прижимной планки 3. Подача смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания осуществляется через канал в корпусе 1, образованный пересекающимися отверстиями и заканчивающийся шариком 4, позволяющим регулировать направление подачи СОЖ. Винт 5 служит для регулировки положения резца.



Система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ с револьверными головками: 1 – резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом; 2 – резцедержатель с перпендикулярным закрытым пазом; 3 – резцедержатель с параллельным открытым пазом; 4 – резцедержатель с перпендикулярным и параллельным открытыми пазами; 5 – резцедержатель с осевым открытым пазом; 6 – резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом для отрезных резцов; 7 – резцедержатель несимметричный с перпендикулярным открытым пазом; 8 – резцедержатель удлиненный с перпендикулярным открытым пазом; 9 – резцедержатель удлиненный с параллельным открытым пазом; 10 – втулка переходная; 11 – сверло перовое; 12 – втулка переходная с конусом Морзе; 13, 22 – втулка переходная (плавающая) с конусом Морзе; 14 – борштанга расточная с перпендикулярным пазом; 15 – борштанга расточная с наклонным пазом; 16 – патрон для метчиков; 17 – втулка переходная разжимная; 18 – втулка переходная с отверстием диаметром 36 мм со шпоночным пазом; 19 – втулка переходная укороченная со шпоночным пазом; 20 – расточная оправка с регулированием по двум осям; 21 – регулируемый резьбонарезной патрон; 22 – втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе; 23 – патрон трехкулачковый

Рис. 7.

Резцедержатели закрепляются в револьверной головке за цилиндрический хвостик при помощи клина, имеющего рифления, смещенные относительно рифлений хвостовика. В результате резцедержатель прижимается к револьверной головке силой до 4 кН. Все резцедержатели обеспечивают подвод СОЖ от револьверной головки к вершине резца.

Резцедержатели (поз 1-9 на рис. 7) с цилиндрическим хвостовиком диаметром 50 мм предназначены для крепления резцов для наружного точения с высотой державки резцов, равной 25 мм.

Втулки переходные (поз. 10-12 и 17-19) с цилиндрическим хвостовиком диаметром 50 мм предназначены для крепления расточных резцов и сверл с цилиндрическим хвостовиком диаметром 25 и 32 мм, в том числе с внутренним подводом СОЖ.

ЛЕКЦИЯ 14

РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ И ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ БАЗИСНЫХ АГРЕГАТОВ И СМЕННЫХ НАЛАДОК ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Дифференцирование на взаимозаменяемые элементы объемы в системах АСП, которые строятся по принципу агрегатирования, находится в объективном противоречии с выполнением требований к качеству изготавливаемых деталей.

Поэтому разработаны методы проектирования систем АСП, удовлетворяющих как требованиям эффективной эксплуатации ТС, так и требованиям серийного изготовления агрегатов и сменных наладок приспособлений.

В автоматизированном производстве особое значение имеют такие показатели надежности, которые обусловлены точностью, жесткостью и динамической устойчивостью соединений узлов станков, приспособлений и режущего инструмента.

На рис. 1 представлена структурная схема технологической системы (ТС), из которой следует, что положение РИ относительно детали регулируется на основе результатов измерения и зависит и от точности этого измерения.

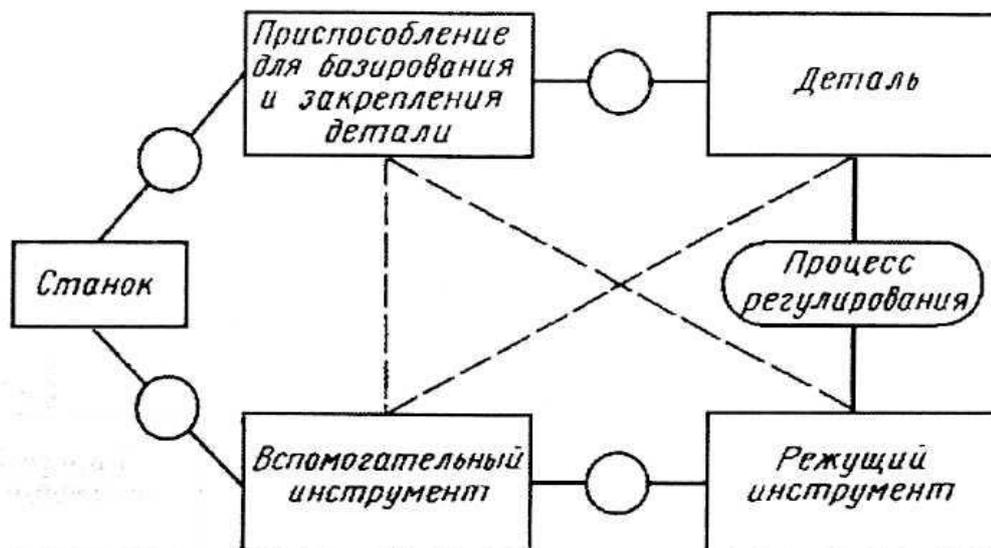


Рис. 1. Структурная схема технологической системы

Общая погрешность обработки $\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}}$ (рис. 2) в любой точке пространства ТС рассматривается как пространственный вектор переменного направления – в зависимости от точки контакта между инструментом и деталью или суммой проекцией на три оси:

- $\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}_x}$ - общая погрешность обработки в направлении оси X
- $\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}_y}$ - общая погрешность обработки в направлении оси Y
- $\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}_z}$ - общая погрешность обработки в направлении оси Z

$$\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}} = \sum_{\substack{i=1..6 \\ j=1..14}} \vec{\varepsilon}_{ij}$$

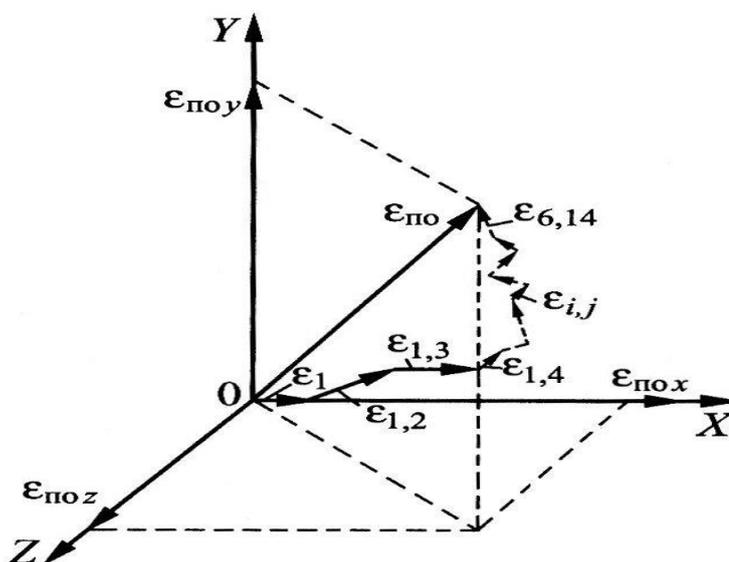


Рис. 2. Определение вектора $\vec{\varepsilon}_{\text{ПО}}$

Данные исследований роли приспособлений с точки зрения геометрической точности, кинематической точности, объемной и контактной жесткости, температурной деформации, износа, точности базирования закрепления, вибраций, регулирования и выбора оптимальных решений позволяют значительно снизить погрешности, связанные с установкой заготовок или инструмента.

Определение влияния параметров приспособления на точность установки $\Delta_{\text{уст}}$ и упругие деформации $\Delta_{\text{упр}}$ при обработке резанием связано с многообразием технологических условий обработки и, с необходимостью разработки математической модели влияния параметров приспособления на

точность окончательно получаемых размеров деталей. Решение указанной задачи можно осуществить в два этапа.

На первом этапе анализируются возможные варианты условий обработки, для которых строится математическая модель, предназначенная для расчета точности обрабатываемой поверхности в зависимости от режимов резания, колебаний твердости и припуска заготовок, температурных деформаций, размерного износа режущей части инструмента, точности базирования и жесткости закрепления режущего инструмента.

На втором этапе разрабатывается математическая модель, позволяющая выявлять зависимость точности расположения точки на поверхности детали в зависимости от конструкций и точности изготовления i -ГО соединения приспособления, разрабатывается алгоритм расчета, определяются исходные данные и форма их записи в программу расчета на ЭВМ.

Расчеты производятся по приведенным ниже указаниям и включают:

1. Расчеты пространственных размерных цепей сборок АСП, состоящих из базисных агрегатов и сменных наладок, с целью определить величину замыкающего звена (например, биение режущих кромок относительно оси вращения закрепленного объекта).

2. Сравнение полученной величины замыкающего звена с величиной, принятой в требованиях к установке режущего инструмента, например, допуска на биение режущих кромок относительно оси вращения закрепленного объекта и, при необходимости, корректировка размеров и допускаемых отклонений размеров.

3. Расчеты податливости сборок АСП при рассчитанных и принятых размерах и допускаемых отклонениях размеров.

4. Сравнение полученной величины податливости с требованием к этому параметру и, при необходимости, корректировка размеров.

Показатели $\Delta_{уст}$ и $\Delta_{упр}$ (рис. 3) характеризуют, соответственно, конечные требования к точности и податливости приспособления, исходя из баланса

этих показателей в технологической системе.

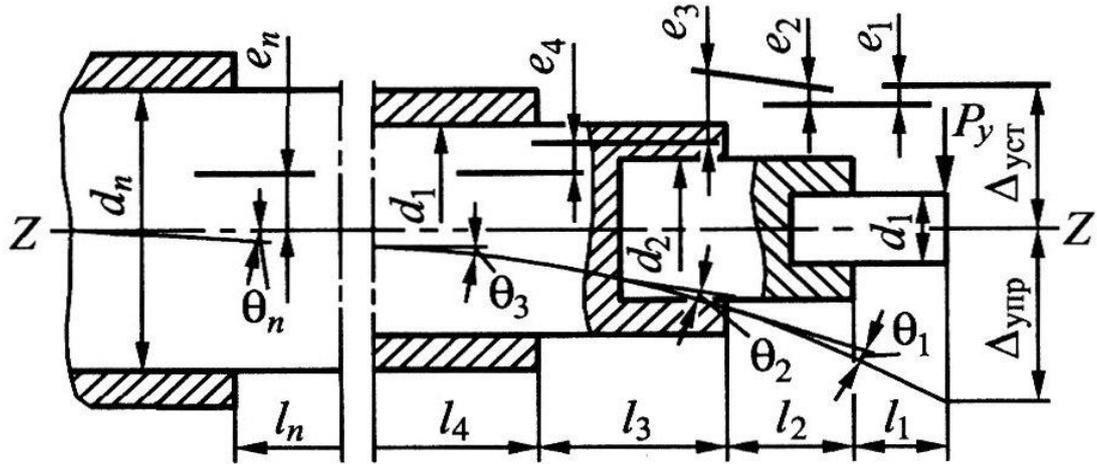


Рис. 3. Схема формирования показателей $\Delta_{уст}$ и $\Delta_{упр}$

1. Расчет погрешности установки $\Delta_{уст}$

Принимается, что величина погрешности установки $\Delta_{уст}$ представляет собой сумму угловых ошибок составляющих звеньев (перекосов осей) и векторных ошибок (параллельных смещений осей). Далее, путем приведения перекосов осей к векторному виду в заданной плоскости, перпендикулярной оси Z-Z, рассчитываем замыкающее звено $e_{\Sigma} = \Delta_{уст}$, используя передаточные отношения A_i :

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\sum_i^n A_i^2 K_i^2 e_i^2} \quad (1)$$

где K_{Σ} - коэффициент относительного рассеивания замыкающего звена $\Delta_{уст}$;

e_i - перекося (или параллельное смещение) оси в i -ом звене;

K_i - коэффициент относительного рассеивания e_i ;

Для определения величин допусков на размеры, форму и взаимное расположение присоединительных поверхностей преобразуют уравнение (1) размерных цепей сборок приспособлений:

$$\bar{e}_{\Sigma(x)} = \frac{1}{K_{\Sigma(x)}} \sqrt{\sum_i^n A_i^2 K_i^2 e_{cp}^2} \quad (2)$$

где e_{cp} - половина среднего допуска на звенья размерной цепи.

Например, при расчете цанговых патронов в качестве $e_{\Sigma(x)}$ принимают половину допускаемого биения контрольной оправки на вылете, равном расстоянию от присоединительной поверхности режущего инструмента до его режущих кромок.

Коэффициент K_{Σ} , определяется по зависимости:

$$K_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum_{i=1}^n e_i} \cdot \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 e_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} \right) \quad (3)$$

а значения K_i - из табл. 1.

1. Значение коэффициента K_i в зависимости от способа получения поверхности.

Способ получения поверхности	Вид поверхности	K_i
Наружное шлифование в центрах	Конус 7:24	1,51
	Конусы 1:5, 1:10, 1:30 и Морзе	1,37
	Цилиндрическая	1,09
Внутреннее шлифование	Конус 7:24	1,17
	Конусы 1:5, 1:10, 1:30 и Морзе	1,21
	Цилиндрическая	1,09

Значения биения конического отверстия шпинделя e_1 и нормированного перекося e_2 принимают в соответствии с требованиями технических условий на станки.

При количестве звеньев с однородными по величине допусками среди общего числа звеньев более 5, принимают $K_{\Sigma} = 1$, что соответствует не более 0,27% погрешности рассчитанной величины замыкающего звена.

Средние значения зазоров в цилиндрическом соединении, полностью выбираемых в одну сторону, рассчитывают по формуле:

$$\Delta = \frac{1}{4} K_i (\delta_A + \delta_B) \quad (4)$$

где K_i - коэффициент рассеивания допуска при изготовлении цилиндрических

деталей шлифованием;

δ_A - поле допуска отверстия; δ_B - поле допуска вала.

Исследования влияния основных геометрических и конструктивных параметров РИ на качество обработки выявили количественные зависимости, характеризующие взаимосвязь точности обработки и биения режущих кромок из-за погрешностей установки $\Delta_{уст}$ инструмента.

В табл. 2 приведены сведения о требованиях к биению режущих кромок РИ, закрепленного в ВИ, в свою очередь установленного в шпинделе станка. Эти величины могут служить значениями замыкающего звена $2e_{\Sigma}$ размерных цепей сборок АСП.

2. Требования к биению режущих кромок режущего инструмента

Закрепляемый инструмент	Допуск на биение $2e_{\Sigma}$, мм
Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6-10 мм	0,035
То же диаметром 10,1- 20,0 мм	0,055
Сверла с конусом Морзе диаметром 12 -32 мм	0,055
Зенкеры и развертки диаметром до 20 мм	0,030
Зенкеры и развертки диаметром свыше 20 мм	0,060
Фрезы концевые диаметром 3-12 мм	0,010
Фрезы торцовые и дисковые (биение посадочной поверхности)	0,020
Оправки для полустачивания и для перовых сверл (на вылете режущей части)	0,030
Оправки расточные для чистовой обработки отверстий	0,005

Соотношения между значениями допусков (зазоров Δ_i и e_i) определяют по зависимостям, приведенным в табл. 3. В табл. 3 угловые зазоры $\Delta\alpha_i$ соответствуют радиальным зазорам Δ_i , мм по зависимости:

$$\Delta_i = 0,005 \Delta\alpha_i \times \text{длину конической поверхности} \quad (5).$$

**3. Зависимости e_i и Θ_i от радиального Δ_i и углового $\Delta\alpha_i$ зазоров
в соединениях приспособлений**

Наименование	Величина зазора		Величина e_i на вылете 100 мм, мм	Величина Θ_i $10^{-5}(H \cdot M)^{-1}$
	Δ_i , мм			
Патрон с цангой 5-20 мм	Δ_i , мм	0...0,025	0,0066+0,253 Δ_i 0,013+0,080(Δ_i -0,025)	0,0023+15 Δ_i
		0,025...0,050		
Соединение с односторонним прижимом диаметром 48 мм	Δ_i , мм	0,015...0,025	0,0010+0,220(Δ_i -0,015) 0,0032+0,056(Δ_i -0,025) 0,0042+0,056(Δ_i -0,045) 0,0056+0,113(Δ_i -0,070)	0,0003+12,5 Δ_i
		0,025...0,045		
		0,045...0,070		
		0,070...0,100		
Соединение с односторонним прижимом диаметром 36 мм	Δ_i , мм	0,015...0,030	0,0030+0,133(Δ_i -0,015) 0,0026+0,085(Δ_i -0,030) 0,0033+0,086(Δ_i -0,050)	0,0009+25 Δ_i
		0,030...0,050		
		0,050...0,100		
Конус 7:24 №40	$\Delta\alpha_i$, сек	0...10	0,0625 $\Delta\alpha_i$ 0,625+0,125($\Delta\alpha_i$ -10) 1,250+0,177($\Delta\alpha_i$ -15) 3,00+0,150($\Delta\alpha_i$ -30)	0,0001+0,0525 $\Delta\alpha_i$
		10...15		
		15...30		
		30...60		
Конус 7:24 №50	$\Delta\alpha_i$, сек	0...10	0,0051+0,219 Δ_i 0,0066+0,253 Δ_i	0,0002+0,0125 $\Delta\alpha_i$
		10...15		
		15...30		
		30...60		
Конус Морзе 2	Δ_i , мм	0...0,040	0,0051+0,219 Δ_i	0,0052+15 Δ_i
Конус Морзе 3	Δ_i , мм	0...0,050	0,0066+0,253 Δ_i	0,0014+15 Δ_i

2. Расчет упругих деформаций приспособлений

Требование к $\Delta_{\text{упр}}$ как сумме упругих объемных деформаций деталей приспособления и контактных деформаций в его стыках соответствует требованию к суммарной податливости δ_B в заданной точке заготовки или инструмента. Для приспособления по рис. 3:

$$\delta_B = P_y \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum l_i^3}{3E_i I_i} + \theta_i \sum_{i=1}^n l_i^2 \right], \quad (6)$$

где l_i – расстояние от сечения приложения нагружающей силы P_y до начала i -го стыка; E – модуль упругости материала i -го элемента сборки; I – момент инерции сечения i -го элемента сборки; θ_i – угол поворота в i -ом стыке.

Расчет величины податливости δ_B сборки производится, исходя из соотношений между значениями установленных допусков и углами поворота θ_i , приведенными в табл. 3. Полученная величина δ_B не должна превышать значения, указанного в табл. 4 для соответствующей сборки.

4. Требования к податливости закрепления режущего инструмента

Закрепляемый инструмент	Податливость δ_B мм/кН
Сверла диаметром 5-20 мм	0,28
То же диаметром свыше 20 мм	0,18
Развертки и зенкеры диаметром до 50 мм	0,5
То же диаметром свыше 50 мм	0,7
Фрезы концевые диаметром 6-20 мм	0,2
То же диаметром свыше 20 мм	0,1
Фрезы дисковые диаметром 80 -160 мм	0,1
Оправки расточные для получистовой обработки и оправки перовых сверл	0,25
Оправки расточные для чистовой обработки	0,17

ЛЕКЦИЯ 15

РАСЧЕТ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ АСП

Рассмотрим сборку АСП с цанговым зажимным устройством для закрепления РИ с цилиндрическим хвостовиком с последующей регулировкой осевого положения режущих кромок (рис. 1).

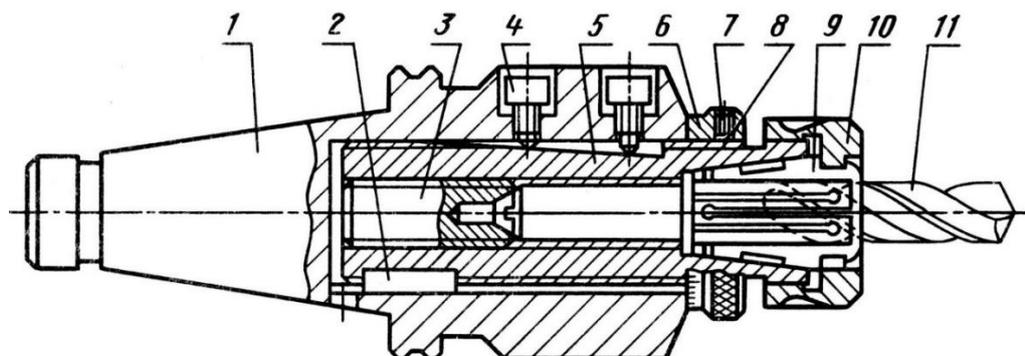


Рис. 1. Сборочный чертеж АСП : 1 - базисный агрегат с конусом 7:24; 2 – шпонка; 3 – упор; 4 – винт; 5 – сменная наладка; 6 – регулировочная гайка; 7 – стопорный винт; 8 – подкладка; 9 – цанга; 10 – зажимная гайка; 11 – режущий инструмент

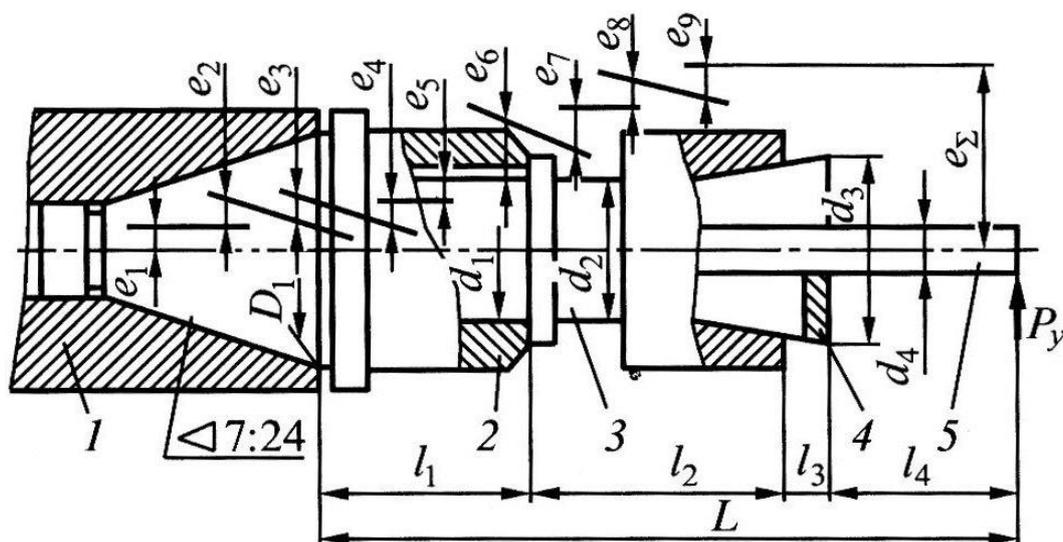


Рис. 2. Размерная цепь сборки АСП и режущего инструмента по рис. 2, установленной на станке: 1 – шпиндель станка; 2 – базисный агрегат; 3 – сменная наладка; 4 - цанга

На рис. 2 обозначены:

e_{Σ} - замыкающее звено размерной цепи;

e_1 - биение конического отверстия шпинделя;

- e_2 - биение шпинделя от перекоса осей;
- e_3 - биение базисного агрегата от перекоса в коническом соединении;
- e_4 - биение сменной наладки от зазора в цилиндрическом соединении;
- e_5 - биение посадочного отверстия базисного агрегата;
- e_6 - биение сменной наладки от перекоса в цилиндрическом соединении;
- e_7 - биение конического отверстия в сменной наладке;
- e_8 - биение цанги от перекоса в коническом соединении;
- e_9 - биение цилиндрического отверстия в цанге.

Звенья e_1, e_4, e_5, e_7, e_9 являются векторами биений, не зависящими от вылета, а звенья e_2, e_3, e_6, e_8 - векторами перекосов, которые необходимо учитывать при изменении вылета инструмента.

Передаточные отношения при составляющих звеньях размерных цепей характеризуют степень и направленность влияния составляющего звена на замыкающие. Для определения передаточных отношений в размерной цепи для звеньев-векторов перекосов следует учитывать размеры вылетов элементов сборки.

Передаточные отношения векторов перекосов в плоскости замыкающего звена можно рассматривать как биения, которые являются величиной положительной, поэтому все передаточные отношения имеют положительные значения. Для размерной цепи на рис. 2 уравнение имеет вид:

$$e_{\Sigma} = e_1 + A_2 e_2 + A_3 e_3 + e_4 + e_5 + A_6 e_6 + e_7 + A_8 e_8 + e_9,$$

$$\text{где } A_2 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_2}}; A_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_3}}; \quad (1)$$

$$A_6 = \frac{l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_6}}; A_8 = \frac{l_3 + l_4}{l_{H_8}},$$

где l_{Hi} – нормируемая величина вылета оправки для соответствующих перекосов (см. табл. 1).

Анализ среднего значения допуска составляющего звена с учетом предполагаемых технологических процессов изготовления базисных агрегатов и сменных наладок показывает, что достижение заданной точности возможно

без компенсирующих звеньев методом взаимозаменяемости.

Уравнение размерной цепи:

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(A_1 K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + (A_3 K_3 e_3)^2 + (A_4 K_4 e_4)^2 + \dots} \quad (2)$$
$$\dots + (A_5 K_5 e_5)^2 + (A_6 K_6 e_6)^2 + (A_7 K_7 e_7)^2 + (A_8 K_8 e_8)^2 + (A_9 K_9 e_9)^2,$$

где K_{Σ} - коэффициент относительного рассеивания величины замыкающего звена e_{Σ} ;

K_i - коэффициент относительного рассеивания i -го звена.

Если принять, что $e_3 = e_4 = e_5 = e_6 = e_7 = e_8 = e_9 = e_{\text{ср}}$, где: $e_{\text{ср}}$ - среднее значение допуска, то с учетом того, что $A_1 = A_4 = A_5 = A_7 = A_9 = 1$, то получаем:

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + e_{\text{ср}}^2 [(A_3 K_3)^2 + K_4^2 + K_5^2 + \dots} \quad (3)$$
$$\dots + (A_6 K_6)^2 + K_7^2 (A_8 K_8)^2 + K_9^2]$$

Номинальные размеры и допускаемые отклонения составляющих звеньев e_1 и e_2 определяют по техническим нормам на металлорежущие станки. Размеры вылета режущих инструментов определяют по государственным и отраслевым стандартам. Сведения для расчета размерной цепи сборки приведены в табл. 1.

По формуле (3) вычисляют среднее значение допуска $e_{\text{ср}}$, которое корректируют, исходя из равной сложности обеспечения допусков в условиях крупносерийного производства. Характер сложности определяют экспертным путем.

Пример процесса корректировки допусков и установки их окончательных значений приведен в табл. 2.

1. Сведения для расчета размерной цепи сборки (см. рис. 2)

Звено размерной цепи	Передаточные отношения	Заданные размеры, мм	Нормируемый вылет, мм	Заданные допускаемые отклонения, мм	Коэффициент рассеивания K_i
e_{Σ}	-	-	-	0,055	1
e_1	$A_1=1,0$	-	-	0,006	1,1
e_2	$A_2=1,67$	$L=250$	150	0,001	1,17
e_3	$A_3=2,5$	$L=250$	100	-	1,57
e_4	$A_4=1,0$	-	-	-	1,09
e_5	$A_5=1,0$	-	-	-	1,09
e_6	$A_6=1,5$	$l_2+l_3+l_4=50$	100	-	1,09
e_7	$A_7=1,0$	-	-	-	1,17
e_8	$A_8=0,5$	$l_3+l_4=50$	100	-	1,37
e_9	$A_9=1,0$	-	-	-	1,09

2. Корректировка допусков

Звено размерной цепи	Среднее значение допуска, мкм	Значение допусков		1-я попытка		2-я попытка	
		мкм	степень точности	мкм	степень точности	мкм	степень точности
3	13,39	13,39	AT8	2,6	AT6	2,6	AT6
4		13,39	$\frac{H5}{b4}$	32	$\frac{H6}{g5}$	38	$\frac{H7}{g6}$
5		13,39	-	20	-	15	-
6		13,39	$\frac{H9}{b9}$	6,4	$\frac{H6}{g5}$	6,8	$\frac{H7}{g6}$
7		13,39	-	15	-	15	-
8		13,39	AT9	10	AT7	10	AT7
9		13,39	-	15	-	15	-

Суммарная податливость δ_B в заданной точке инструмента должна соответствовать требованию к $\Delta_{упр}$ как сумме упругих объемных деформаций деталей приспособления и контактных деформаций в его стыках.

Для приспособления по рис. 1:

$$\delta_B = P_y \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum l_i^3}{3E_i I_i} + \theta_i \sum_{i=1}^n l_i^2 \right], \quad (3)$$

где l_i – расстояние от сечения приложения нагружающей силы P_y до начала i -го стыка; E – модуль упругости материала i -го элемента сборки; I – момент инерции сечения i -го элемента сборки; θ_i – угол поворота в i -ом стыке.

Расчет величины податливости δ_B сборки производится, исходя из соотношений между значениями установленных допусков и углами поворота θ_i , приведенными в лекции 14 (см. там табл. 3). Полученная величина δ_B не должна превышать значения, указанного в табл. 3а для соответствующей сборки.

3а. Требования к податливости закрепления режущего инструмента

Закрепляемый инструмент	Податливость δ_B мм/кН
Сверла диаметром 5-20 мм	0,28
То же диаметром свыше 20 мм	0,18
Развертки и зенкеры диаметром до 50 мм	0,5
То же диаметром свыше 50 мм	0,7
Фрезы концевые диаметром 6-20 мм	0,2
То же диаметром свыше 20 мм	0,1
Фрезы дисковые диаметром 80 -160 мм	0,1
Оправки расточные для полустачной обработки и оправки перовых сверл	0,25

Пример расчета предельного вылета l_2 сменной наладки приспособления для закрепления сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 18 мм.

Для сборки по рис. 2 преобразуем формулу (3) в следующее:

$$\delta_B < \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^3}{3EI_1} + \frac{(l_2 + l_3 + l_4)^3}{3EI_2} + \frac{(l_3 + l_4)^3}{3EI_3} + \frac{l_4^3}{3EI_4} + \theta_1(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^2 + \theta_2(l_2 + l_3 + l_4)^2 + \theta_3(l_3 + l_4)^2 + \theta_4 l_4^2 \quad (4)$$

Для подстановки в неравенство (4) определяем исходные данные (табл. 4).

4. Определение вылета сменной наладки сборки с конусом 50

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (см. рис. 2)				
d_4 , мм	6		18	
J_4 , мм	$6,48 \cdot 10^3$		$5,25 \cdot 10^3$	
l_4 , мм	10		15	
θ_4 , $(\text{Н} \cdot \text{м})^{-1} \cdot 10^{-5}$	1,03		0,39	
d_3 , мм	40			
J_3 , мм	$12,8 \cdot 10^4$			
l_3 , мм	10			
θ_3 , $(\text{Н} \cdot \text{м})^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,19			
d_2 , мм	32	44	32	44
J_2 , мм	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$
d_1 , мм	36	48	36	48
θ_2 , $(\text{Н} \cdot \text{м})^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,41	0,14	0,41	0,14
D_1 , мм	69,85			
J_2 , мм	$119,02 \cdot 10^4$			
θ_1 , $(\text{Н} \cdot \text{м})^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,02			
δ_B , $\text{м} \cdot \text{Н}^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,28		0,18	

Используя данные табл. 4, путем подстановки ряда значений вылета l_1 базисного агрегата в неравенство (4), рассчитываем допустимый вылет l_2 сменной наладки при постоянных значениях вылетов l_3 и l_4 , исходя из требования к податливости по табл. 3а. Табличное решение приведено в табл. 5.

5. Рассчитанные значения вылета сменной наладки

Для:	Допустимый вылет l_2			
$l_1 = 75, \text{ мм}$	120	245	110	205
$l_1 = 105, \text{ мм}$	120	205	110	170
$l_1 = 160, \text{ мм}$	110	190	105	155

ЛЕКЦИЯ 16

АГРЕГАТИРОВАННЫЕ СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

АСП широко применяют на фрезерных, сверлильных и многоцелевых станках с ЧПУ в мелко- и среднесерийном производстве.

Основные требования к АСП:

- а) высокая точность и жесткость;
- б) полное базирование заготовок в приспособлениях и связь с нулевой точкой станка;
- в) полное базирование приспособлений на станке;
- г) возможность обработки максимального числа поверхностей с одной установки заготовки;
- д) быстрая переналадка приспособлений;
- е) механизация зажима-разжима заготовок.

На станках с ЧПУ фрезерной и сверлильно-расточной групп применяют станочные приспособления, базовой частью которых являются накладные плиты. Сменные наладки, базирующие и зажимные элементы, и сборочные единицы устанавливают и закрепляют на накладных плитах.

Базовые накладные плиты выполняют с пазами, с сеткой пазов, с сеткой резьбовых отверстий, с сеткой пазов и цилиндрических отверстий, с пазами и сеткой цилиндрических отверстий, с сеткой чередующихся цилиндрических и резьбовых отверстий, с сеткой ступенчатых отверстий, верхняя часть которых выполнена гладкой цилиндрической, а нижняя — резьбовой. Цилиндрические гладкие отверстия используют для базирования установочных элементов, а пазы — для крепления установочных и зажимных элементов.

Комплект АСП (рис. 1) состоит из унифицированных базовых плит 1 и устанавливаемых на них угольников 2 с точно расположенной сеткой координатно-фиксирующих отверстий (с шагом $50 \pm 0,015$ мм), верхняя часть которых выполнена цилиндрической (диаметром 25H7), а нижняя — резьбовой (M20).

Наличие комплекта различных установочных 3 и зажимных 4 элементов обеспечивают возможность сборки широкой номенклатуры приспособлений, в том числе многоместных. Варианты использования угольников 2 показаны на рис. 1.

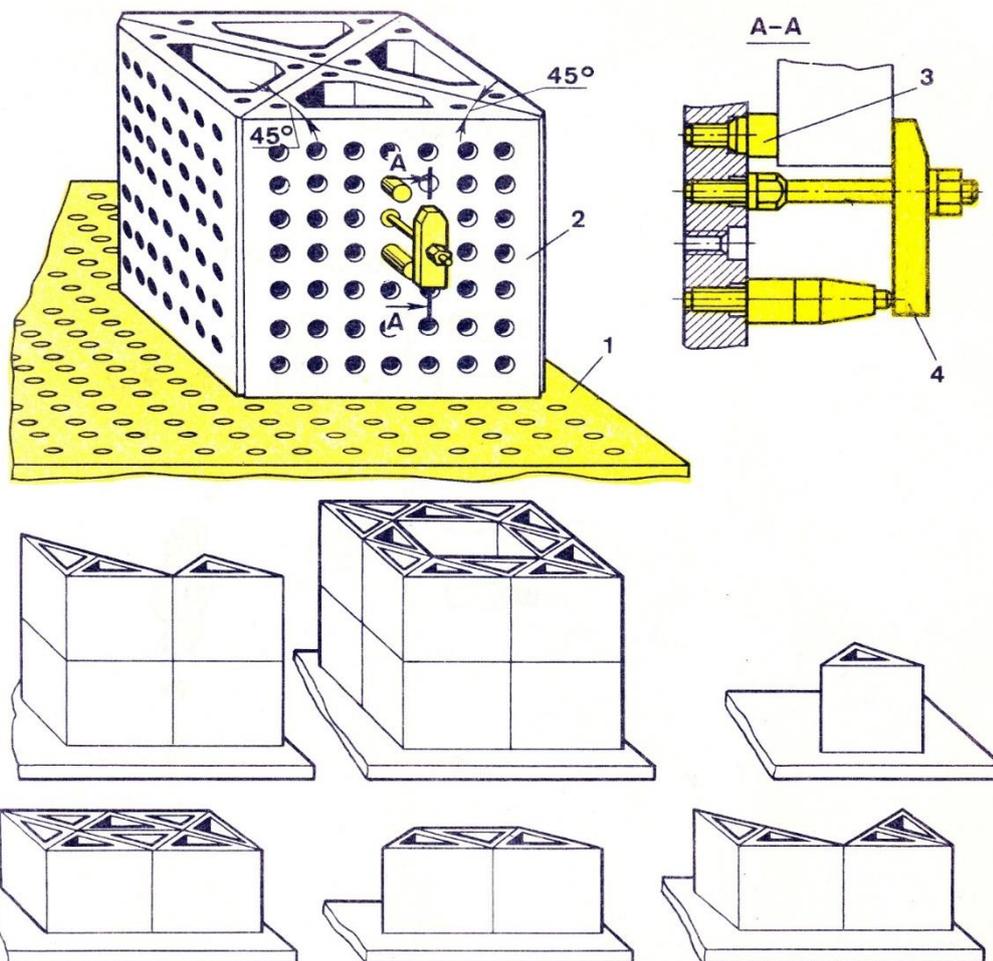


Рис. 1. Комплект базовых агрегатов АСП

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, где компонуются приспособления. После обработки партии заготовок приспособление передается на участок разборки для последующего использования.

Применение системы столов-спутников обеспечивает:

а) возможность разработки программы технологического процесса обработки для широкой номенклатуры заготовок;

б) сокращение времени и расходов на проектирование и изготовление приспособлений;

в) повышение производительности труда рабочих при компоновке приспособлений;

г) использование рабочих более низкой квалификации вследствие упрощения компоновки;

д) высокую точность базирования заготовок и ее ориентацию относительно начала координат станка (нулевой точки).

Гидрофицированные АСП для станков с ЧПУ

Комплект элементов системы АСП (рис. 2), из которых komponуют приспособления для установки заготовок корпусных деталей при обработке их на станках с ЧПУ, состоит из базовой части и сменных наладок.

Базовой частью приспособлений являются универсальные базовые плиты и угольники 2 (рис. 2) с сеткой Т-образных пазов и координатно-фиксирующих отверстий, имеющих цифровые обозначения. Плиты и угольники изготавливаются из высокопрочного чугуна. Закаленные стальные втулки с точными координатно-фиксирующими отверстиями запрессовывают в подготовленные отверстия плит и угольников.

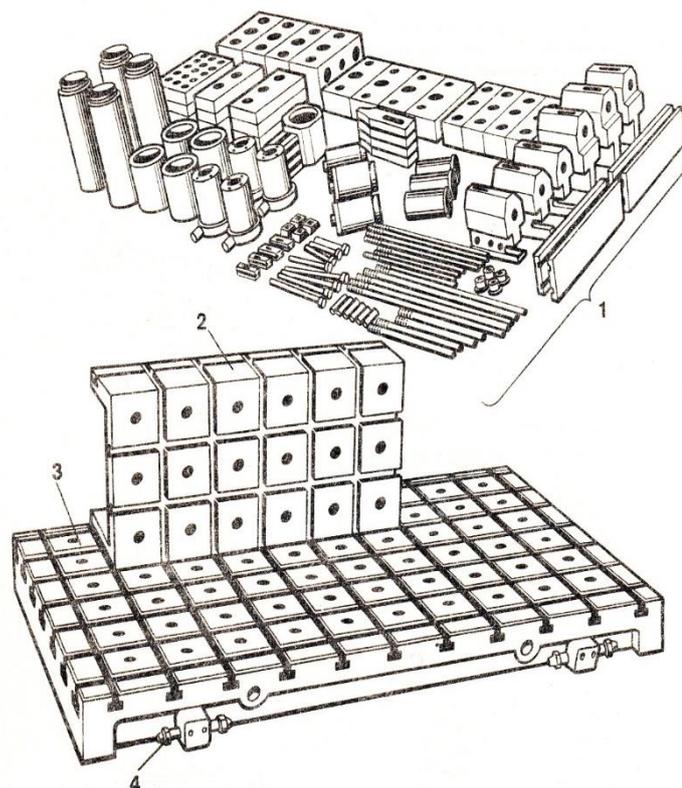


Рис. 2. Система узлов и деталей АСП

Базирующие элементы представлены в трех исполнениях:

- 1) переходные плиты с сеткой координатно-фиксирующих отверстий (КФО);
- 2) прямоугольные опоры с размерами, по высоте кратными 25 мм, и двумя КФО;
- 3) опоры с постоянной высотой, двумя КФО и переставным упором, устанавливаемым на верхней плоской поверхности.

Комплект 1 сменных установочных и зажимных элементов komponуют на базовых плитах 3 и угольниках 2. Элементы базируют по координатно-фиксирующим отверстиям диаметром 12, 16 или 20 мм и закрепляют болтами, устанавливаемыми в Т-образных пазах шириной 14, 18 или 22 мм плиты или угольника.

Точное расположение заготовок относительно начала отсчета координат станка достигается наличием сетки координатно-фиксирующих отверстий.

При использовании гидравлических зажимных устройств шланги от источника давления присоединяют к штуцерам 4.

В комплект зажимных элементов входят:

- а) кулачковые зажимы, являющиеся одновременно опорами;
- б) зажимы для закрепления заготовок сверху ручные и с гидроцилиндром двустороннего действия;
- в) зажимы для закрепления заготовок сбоку ручные и с гидроцилиндром.

Для многоцелевых станков и ГПМ разработан комплект АСП «Система 500» из универсальных базирующих и зажимных элементов (рис. 3), предназначенных для компоновки приспособлений на базовой части.

Комплект элементов «Система 500» состоит из: 1, 2, 3 — призмы; 4, 10 — опоры; 5 — упор; 6 — удлинитель; 7 — кольцо; 8 — прихват; 9 — палец; 12, 17, 20 — шпильки; 13 — втулка с резьбой; 14, 22, 24, 23 — гайки; 16 — клин; 18 — хомут; 19 — винт; 24 — шайба; 25 — штифт.

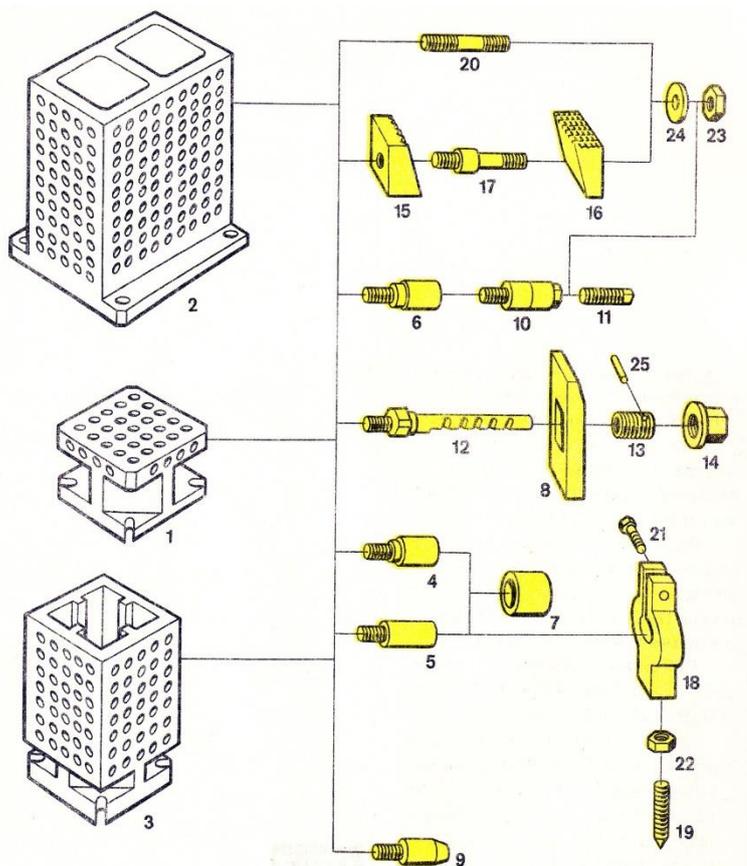


Рис. 3. Комплект АСП «Система 500»

В указанных приспособлениях к станкам с ЧПУ применяют гидравлический привод, что обеспечивает:

- а) сокращение времени зажима-разжима заготовок, а следовательно, повышение производительности обработки;
- б) создание больших сил зажима за счет высокого давления масла (10—20 МПа и выше);
- в) регулирование силы зажима с большой точностью;
- г) постоянство силы зажима в течение всего времени обработки партии заготовок, что исключает погрешности закрепления;
- д) интенсификацию режимов резания;
- е) повышение надежности закрепления, а следовательно, повышение стабильности качества обработки;
- ж) облегчение труда рабочего;
- з) многостаночное обслуживание за счет сокращения вспомогательного времени;
- и) уменьшение износа инструментов благодаря снижению уровня вибраций;
- к) одновременный многократный (многоточечный) зажим заготовок простыми малогабаритными гидроцилиндрами без применения сложных механических передач;
- л) автоматизацию подвода-отвода или поворота зажимных элементов путем незначительного усложнения конструкций зажимных устройств;
- м) независимость силы зажима от колебания размера зажимаемой поверхности;
- н) доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям.

К недостаткам гидроприводов приспособлений можно отнести необходимость специального источника энергии и возвратных трубопроводов. Однако, поскольку источники давления масла могут обслуживать несколько станков или поочередно все приспособления,

устанавливаемые на одном станке, стоимость источника давления в расчете на одно приспособление будет невысокой.

Применяют два типа гидравлических приводов приспособлений к станкам с ЧПУ: электронасосные и пневмогидравлические. Электронасосные приводы применяют в виде насосно-аккумуляторных станций, которые могут обслуживать одновременно несколько приспособлений, установленных на группе станков.

Пневмогидравлические приводы являются наиболее эффективными и перспективными. По сравнению с электронасосными приводами они имеют следующие преимущества:

а) создают и поддерживают в течение длительного времени высокое давление масла без расхода пневматической энергии и образования теплоты в гидросистеме, так как расход воздуха происходит только при перемещении поршней гидроцилиндров в период зажима-разжима заготовки;

б) нет необходимости в дорогостоящей гидравлической распределительной и контрольно-регулирующей аппаратуре и, следовательно, уменьшается вероятность утечки масла в гидросистеме, поскольку управление гидравлической системой осуществляется от пневматической системы пневмо-гидро-преобразователя;

в) имеется возможность установки пневмогидравлических преобразователей давления на станке;

г) отсутствуют вращающиеся части, что способствует увеличению срока эксплуатации привода.

Пневматический гидро-преобразователь является индивидуальным приводом и может обслуживать только один станок. Преобразователь может быть установлен на столе станка, на станине станка посредством кронштейна или на подставке около станка.

Базовые гидрофицированные плиты 1 имеют сетку КФО и сетку резьбовых отверстий (рис. 4).

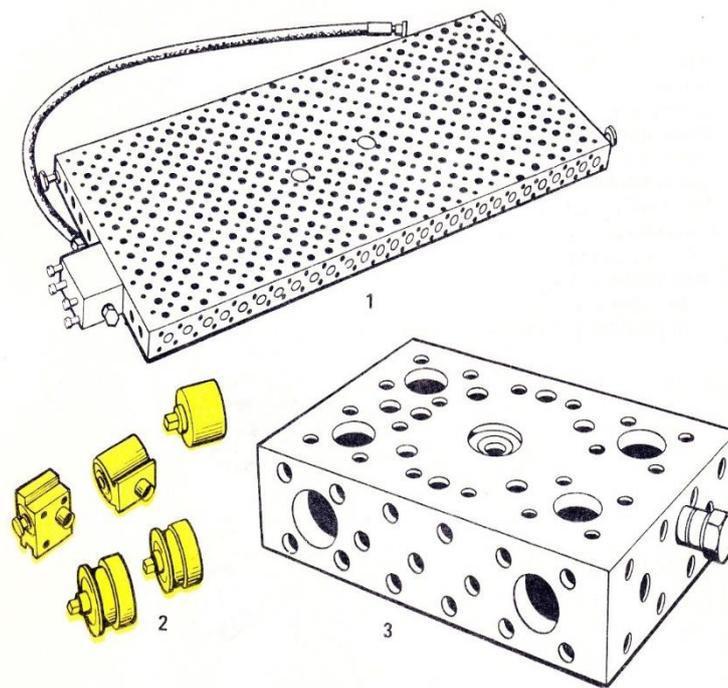


Рис. 4. Базовые плиты и гидроцилиндры

В плите 1 выполнены также резьбовые отверстия для быстроразъемного соединения со штуцерами гидроцилиндров 2. Все отверстия соединены с выполненными в плите каналами для масла.

Гидроцилиндры 2 одностороннего действия с вертикальными и горизонтальными штоками для зажима заготовки сверху и сбоку ввинчивают в отверстия, предварительно сняв резьбовую заглушку.

Блок гидравлический 3 применяется в качестве базового и зажимного элемента. Он представляет собой гидроцилиндр, встроенный в прямоугольный корпус, что позволяет присоединять его к базовым плитам систем приспособлений, собирая из гидроблоков каркасные основания при обработке заготовок с большими габаритами.

Комплект АСП (рис. 5) состоит из гидрофицированной плиты 1, бесшланговых гидроцилиндров вертикальных 2 и боковых 3 разных типоразмеров, установочных элементов 4 (подкладок, опор и др.), предназначенных для базирования заготовок на плите 1, а также зажимных элементов 5 (прихваты и прижимы) и крепежных элементов 6 (винты, гайки,

шпильки). Гидроцилиндры ввинчивают в любое из резьбовых отверстий базовой плиты, соединенных с каналами в плите. Остальные отверстия должны быть закрыты пробками с уплотнениями.

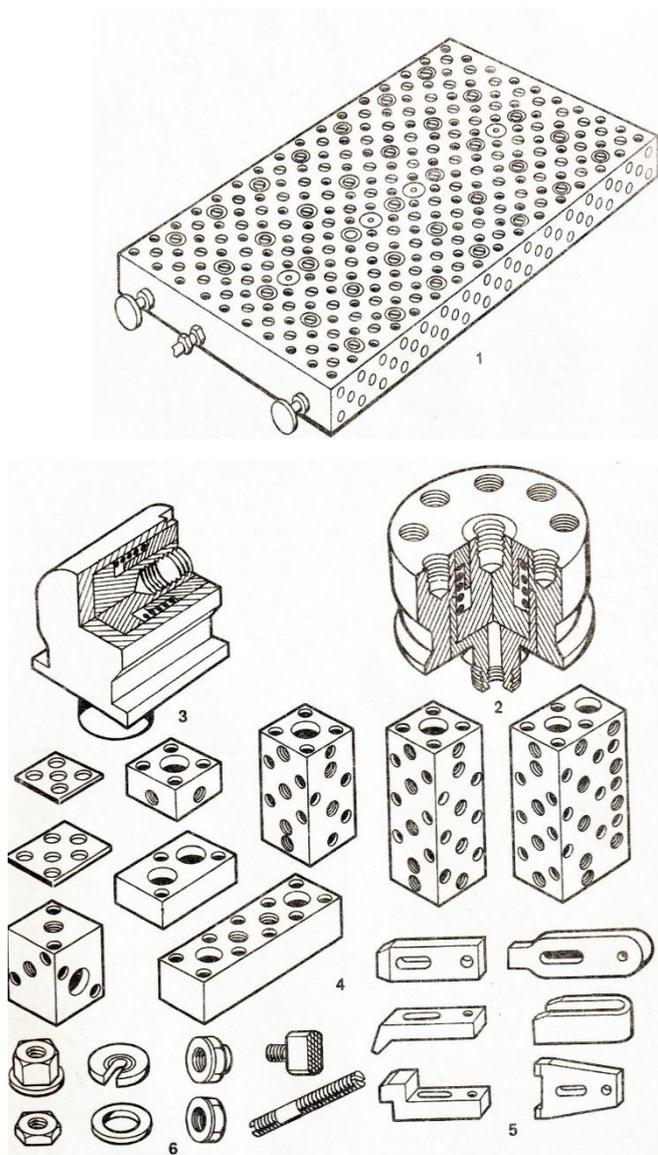


Рис. 5. Детали гидрофицированного АСП

Сетка КФО выбирается в зависимости от массы заготовки. Поставляются элементы с диаметром КФО 10 и 12мм с шагом между отверстиями 30 и 40 мм соответственно. В качестве примера на рис. 6 показано двухместное гидравлическое приспособление с установленными корпусными деталями.

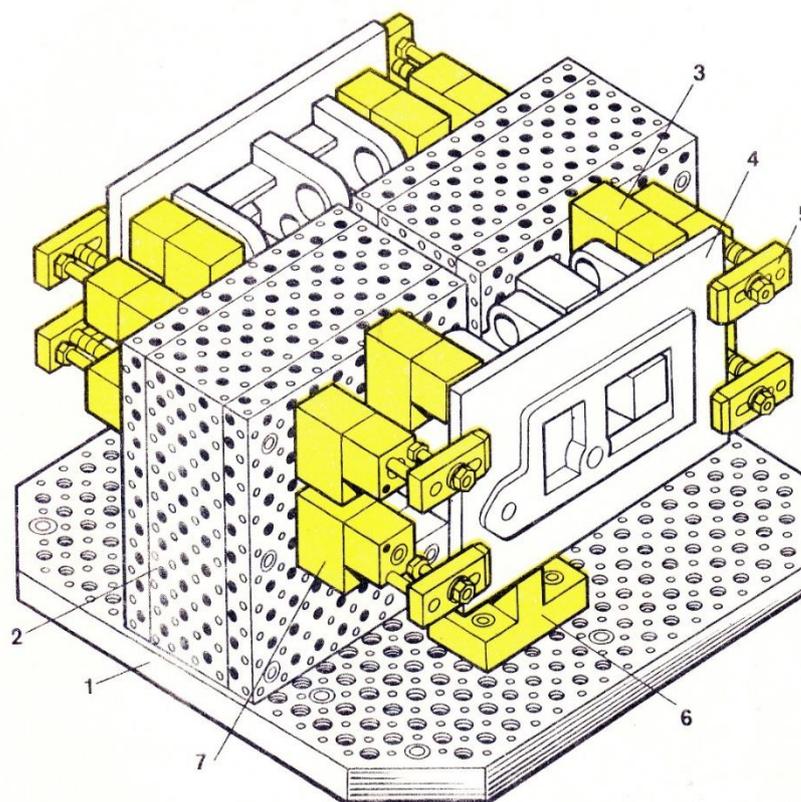


Рис. 6. Двухместное АСП с горизонтальными гидроцилиндрами

Заготовки 4 корпусных деталей базируют по плоскостям опор 3 и 6 и закрепляют четырьмя прихватами 5, на которые передается усилия зажима от гидроцилиндров 7, расположенных на установочных элементах 2, которые, в свою очередь, закреплены на гидрофицированной плите 1. Зажим заготовок осуществляется в горизонтальной плоскости.

Другой пример двухместного приспособления для установки двух корпусных деталей показан на рис. 7.

Заготовки корпусных деталей 4 базируют по трем плоскостям, устанавливая плиту 7 до упора в угольник 3 и опорную планку 2. Заготовки закрепляют сверху прихватами 5, шпильки которых ввернуты в штоки поршней вертикальных гидроцилиндров (на рис. 7 не обозначены), ввинченных в отверстия плиты 7. Сбоку заготовки закрепляются горизонтальными гидроцилиндрами 1. Шланг 6 предназначен для подачи масла в каналы плиты от источника давления.

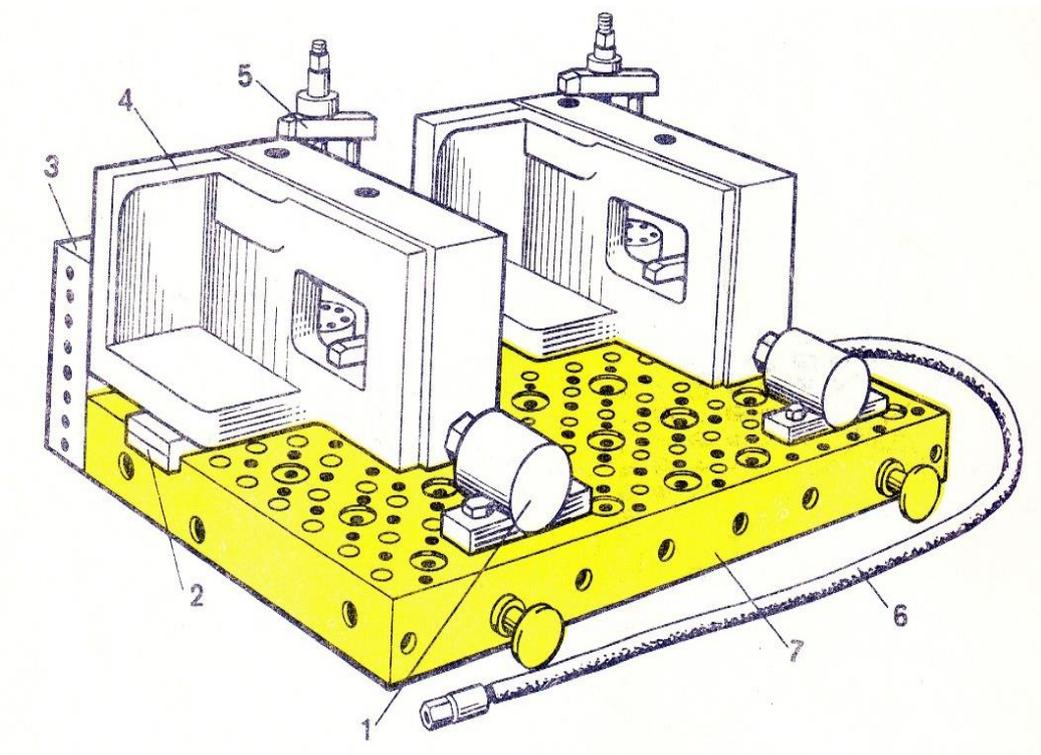


Рис. 7. Двухместное АСП с горизонтальными и вертикальными гидроцилиндрами

Литература

1. Альбом по проектированию приспособлений. Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов /Б.М. Базров, А.И. Сорокин, В.А. Губарь и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 21 с.: ил.
2. Антонюк В.К. Конструктору станочных приспособлений.: Справочное пособие. – Минск: Беларусь, 1991. – 400 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, В 2-х т., Т.1. – 694 с.
4. Оптимизация технологических условий механической обработки деталей авиационных двигателей / Под ред. В.Ф. Безъязычного. – М.: МАИ, 1993. – 184 с.: ил.
5. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1973. 243 с.
6. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник. М.: Машиностроение, 1979. 303 с.
7. Дзюбановский К.А. Пневматические приспособления. Л.: Машиностроение, 1969. 142 с.
8. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник. М.: Машиностроение, 1983. 271 с.
9. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / Е.А. Кудряшов, А.И. Скрипаль, Е.И. Яцун и др. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 128 с.
10. Мещерякова В.Б., Стародубов В.С. Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 336 с.
11. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения: учебник. М.: Машиностроение, 1990. 228 с.
12. Производство деталей металлорежущих станков: учебное пособие / А.В. Мухин, О.В. Спиридонов, А.Г. Схиртладзе и др. 2-е изд., перераб. И доп. М.: Машиностроение, 2003. 560 с.
13. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М., Яцун Е.И. Основы технологии машиностроения: учебник / под ред. Е.А. Кудряшова. Старый Оскол: ТНТ, 2017. 432 с.
14. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М., Яцун Е.И. Основы технологии сборки машин: учебник / под ред. Е.А. Кудряшова. М.: Прометей, 2017. 280 с.

15. Плашей Г.И., Марголин Н.У. Конструкции приспособлений агрегатных станков и автоматических линий. Альбом. М.: Машиностроение, 1990. 240 с.
16. Пономарев В.А. и др. Универсально-сборочные приспособления для сборочно-сварочных работ. Альбом, 1981. 152 с.
17. Рахимьянов Х.М. и др. Современная технологическая оснастка: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. 267 с.
18. Станочные приспособления: справочник. В 2-х т. / под ред. Б.Н. Вардашкина. М.: Машиностроение, 1984. Т.1. 592 с.
19. Станочные приспособления: справочник. В 2-х т. / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. М.: Машиностроение, 1984. Т.2. 656 с.
20. Степанов Ю.С., Ильицкий В.Б., Афанасьев Б.И. Точность контрольно-измерительных приспособлений. Под общ. Ред. Ю.С. Степанова. М.: Машиностроение. 1, 2003. 160 с.
21. Схиртладзе А.Г. Станочные приспособления: учебное пособие. М.: Высшая школа, 2001. 110 с.
22. Схиртладзе А.Г., Григорьев С.Н., Борискин В.П. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учебное пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2016.
23. Технология машиностроения: учебник. В 2-х т. / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев и др.; под ред. Г.Н. Мельникова. 2-е изд., М. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. Т.2. 640 с.
24. Универсально-наладочная типовая оснастка для обработки деталей на станках с ЧПУ токарной группы: рекомендации по применению. М.: НИИМАШ, 1976. 32 с.
25. Универсально-сборные приспособления: рекомендации по применению. М.: НИИМАШ, 1975. 44 с.
26. Универсально-сборные приспособления для станков с ЧПУ: каталог 17-80-71. М.: ЦНИИТЭИ тяж. маш., 1980. 44 с.
27. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка. М.: Машиностроение, 2012. 288 с.
28. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка. М.: Академия, 2003. 264 с.
29. ОСТ 3-2306-86. Приспособления станочные. Общие технические требования. Правила приемки, методы контроля, маркировка, упаковка и хранение.

30. ОСТ 92-3829-83. Приспособления станочные. Общие технические требования на проектирование, изготовление и сборку.
31. ГОСТ 31.1001.01-88. Приспособления станочные для станков с ЧПУ, ГПМ, ГПС. Основные параметры.
32. ГОСТ 31.0151.01-90. Приспособления универсальные наладочные и специализированные наладочные. Общие технические условия.
33. ГОСТ 31.010.01-84. Приспособления станочные. Термины и определения.
34. Кудряшов Е.А., Смирнов И.М., Яцун Е.И. Приспособления для производства изделий машиностроения: учебник для вузов / под ред. Е.А. Кудряшова. М.: Инновационное машиностроение, 2018. 220 с.
35. Альбом технологической оснастки для станков с ЧПУ в авиадвигателестроении: учеб. пособие для вузов / Безъязычный В.Ф., Корнеев В.Д., Ливанов В.Н. [и др.]; общ. ред. Безъязычный В.Ф. – М.: Машиностроение, 2000. Ч. 1: Станочные приспособления для станков с ЧПУ в авиадвигателестроении. – 2000. – 145 с.
36. Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 119 с.
37. Методические указания. ЕСТПП. Выбор и рациональное применение систем станочных приспособлений. М.: ВНИИНМАШ, 1979. – 87 с.
38. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов: учебное пособие // М.: Машиностроение. 1987 – 112 с.
39. Кузнецов Ю.И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ: учебное пособие // М.: Высшая школа. 1988 – 303 с.
40. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Машиностроение. 1990 – 359 с.
41. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник / Под общ. ред. А.Р. Маслова. // М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
42. Маслов А.Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента: Справочник. – 3-е изд., исправ. и доп. // М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
43. Технология машиностроения: учебник для вузов: в 2 т. / Бурцев В. М., Васильев А. С., Дальский А. М. [и др.]; ред. Дальский А. М. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, Т. 2: Производство машин. - 1998. - 639 с.

44. Технология машиностроения: учебник для вузов: в 2 т. - 3-е изд., испр. и перераб. / Бурцев В. М., Васильев А. С., Гемба И. Н. [и др.]; ред. Дальский А. М., Кондаков А. И. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, Т. 1: Основы технологии машиностроения - 2011. - 478 с.