

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

А.Н. ВОЛКОВ, М.Б. САЗОНОВ, В.Н. ТРУСОВ

СТАНКИ С ЧПУ

Часть 1

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2006

УДК 621.906:621.9.02

ББК 34.3

В 218



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. Н. В. Н о с о в
канд. техн. наук, проф. Н. Д. П р о н и ч е в

В 218 **Волков А.Н.**

Станки с ЧПУ. Часть 1: учеб. пособие / *А.Н. Волков, М.Б. Са-
зонов, М.Б. Сазонов, В.Н. Трусов.* – Самара: Изд-во Самар. гос.
аэрокосм. ун-та, 2006. – 110 с. : ил.

ISBN 5-7883-0464-4

Рассмотрены состав комплекса станков с ЧПУ, системы координат, применяемые в станках с числовым программным управлением, особенности УЧПУ разных классов, классификация и индексация станков с ЧПУ. Представлено описание основных конструктивных особенностей этих станков. Дано описание инструментов, применяемых на станках с ЧПУ. Рассмотрены основные показатели работы станков с ЧПУ.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 160201, 160801, 160301, 160302, 200202, 150802, 140501, 080502.

УДК 621.906:621.9.02

ББК 34.3

ISBN 5-7883-0464-4

© Волков А.Н., Сазонов М.Б., Трусов В.Н., 2006
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Структура станков с ЧПУ	4
1.1	Состав комплекса «станок с ЧПУ»	4
1.2	Системы координат в станках с ЧПУ	5
1.3	Особенности УЧПУ разных классов	15
2.	Конструктивные особенности станков с ЧПУ	20
2.1	Классификация и индексация станков с ЧПУ	20
2.2	Основные типы станков с ЧПУ	22
2.3	Конструктивные особенности станков с ЧПУ	26
2.4	Показатели работы станков с ЧПУ	35
3.	Технологическая оснастка для станков с ЧПУ	40
3.1	Особенности приспособлений для станков с и их классификация	40
3.1.1	Приспособления к станкам токарной группы	41
3.1.2	Приспособления к станкам фрезерно-сверлильной расточной группы	48
3.2	Классификация вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ	56
3.2.1	Вспомогательный инструмент для станков	56
3.2.2	Системы вспомогательного инструмента для сверлильно-фрезерно-расточных станков	61
4.	Особенности конструкции и применение режущих инструментов для станков с ЧПУ	74
4.1	Инструмент для станков токарной группы	75
4.1.1	Способы крепления сменных многогранных пластин и резцов	77
4.2	Инструмент для станков фрезерной группы	82
4.2.1	Концевые фрезы	82
4.2.2	Торцевые фрезы	84
4.2.3	Фрезы дисковые	87
4.3	Инструмент для станков сверлильной и расточной группы	88
4.3.1	Сверла	88
4.3.2	Зенкеры	91
4.3.4	Развертки	95
4.3.4	Расточной инструмент	95
4.4	Особенности наладки режущего инструмента на станках с ЧПУ	102
4.4.1	Наладка режущего инструмента на размер вне станка	102
4.4.2	Наладка режущего инструмента на станке	106
	Библиографический список	109

1 СТРУКТУРА СТАНКОВ С ЧПУ

Станки с программным управлением (ПУ) по виду управления подразделяют на станки с системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируются только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

В отдельную группу выделяют станки с цифровой индикацией и преднабором координат. В этих станках имеется электронное устройство для задания координат нужных точек (преднабор координат) и крестовый стол, снабженный датчиками положения, который дает команды на перемещение до необходимой позиции. При этом на экране высвечивается каждое текущее положение стола (цифровая индикация). В таких станках можно применять или преднабор координат, или цифровую индикацию; исходную программу работы задаст станочник.

1.1 СОСТАВ КОМПЛЕКСА «СТАНОК С ЧПУ»

В общем виде структуру комплекса «станок с ЧПУ» можно представить в виде трех блоков, каждый из которых выполняет свою задачу: управляющая программа (ПУ), устройство ЧПУ (УЧПУ) и собственно станок (рис. 1.1).

Управляющая программа содержит укрупненное кодированное описание всех стадий геометрического и технологического образования изделия. Главное с (информационной точки зрения) в этом описании то, что оно не допускает двусмысленных трактовок.

В УЧПУ управляющая информация в соответствии с УП трансформируется, а затем используется в вычислительном цикле, результа-

том которого является формирование оперативных команд в реальном масштабе машинного времени станка.

Станок является основным потребителем управляющей информации, исполнительской частью, объектом управления, а в конструктивном отношении – несущей конструкцией, на которой смонтированы механизмы с автоматическим управлением, приспособленные к приему оперативных команд от УЧПУ. К числу подобных механизмов относятся прежде всего те, которые непосредственно участвуют в геометрическом формообразовании изделия. Это механизмы координатных подач, направления которых различны. В зависимости от числа координат движения, задаваемых механизмами подачи, складывается та или иная система координат обработки: плоская, пространственная, многомерная. Из всех механизмов механизмы подачи требуют в процессе управления наибольшего объема переработки информации и вычисления, поэтому от числа управляемых координат, от сложности геометрической координатной задачи формообразования во многом зависит сложность УЧПУ в целом и используемая методика программирования.

1.2 СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В СТАНКАХ С ЧПУ

Работа станка с ЧПУ тесно связана с системами координат. Оси координат располагают параллельно направляющим станка. Стандартом ISO-R841 принято за положительное направление перемещения элемента станка считать то, при котором инструмент или заготовка отходят один от другого. Исходной осью (ось Z) является ось рабочего шпинделя. Если эта ось поворотная, то ее положение выбирают перпендикулярно плоскости крепления детали. Положительное направление оси Z – от устройства крепления детали к инструменту. Тогда оси X и Y расположатся так, как это показано на рис. 1.1.

Положительные направления движения заготовки относительно частей станка указывают оси X' , Y' , Z' , направленные противоположно осям X , Y , Z соответственно.

Круговые перемещения инструмента (например, угловое смещение оси шпинделя фрезерного станка) обозначают буквами A (вокруг оси X), B (вокруг оси Y), C (вокруг оси Z), круговые перемещения заготовки (например, управляемый по программе поворот стола на расточном станке) – соответственно буквами A , B , C . В понятие «круговые перемещения» не входят вращение шпинделя, несущего инструмент, или шпинделя токарного станка. Для обозначения вторичных угловых движений вокруг специальных осей используют буквы D и E .

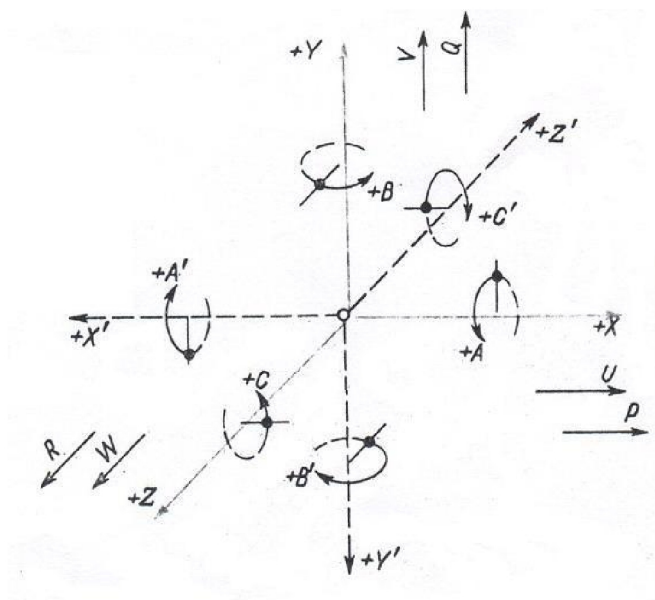


Рис 1.1 Стандартная система координат станков с ЧПУ

Для обозначения направления перемещения двух рабочих органов вдоль одной прямой используют так называемые вторичные оси: U (параллельно X), V (параллельно Y), W (параллельно Z). При трех перемещениях в одном направлении применяют еще и так называемые третичные оси: P, Q, R (рис. 1.1).

Система координат станка. У станков различных типов и моделей системы координат размещают по-разному (рис. 1.2), определяя при этом положительные направления осей и положение начала координат (нуль станка M).

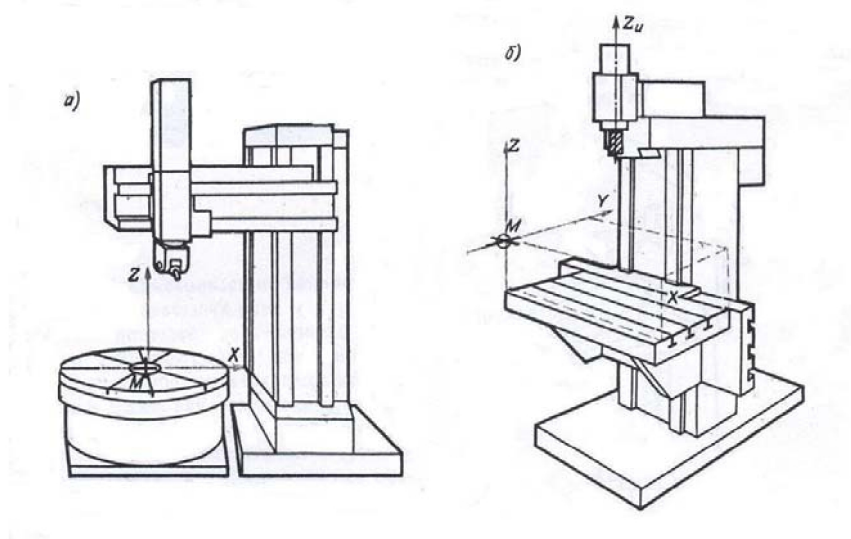


Рис 1.2 Размещение координатных систем у различных станков с ЧПУ: а - карусельный, б - вертикально-фрезерный

Система координат станка является главной расчетной системой, в которой определяются предельные перемещения, начальные и текущие положения рабочих органов станка. При этом положения рабочих органов станка характеризуют их базовые точки, выбираемые с учетом конструктивных особенностей отдельных

управляемых по программе узлов станка. Так, базовыми служат точки: для шпиндельного узла – точка N пересечения торца шпинделя с осью его вращения; для суппорта токарно-револьверного станка – центр поворота резцедержателя в плоскости, параллельной направляющим суппорта и проходящей через ось вращения шпинделя, или точка базирования инструментального блока; для крестового стола – точка пересечения его диагоналей или специальная настроенная точка, определяемая конструкцией приспособления; для поворотного стола – центр поворота на зеркале стола и т.п.

Базовая точка может быть материально выражена точным базовым отверстием в центре стола станка.

В технической документации пределы возможных смещений рабочих органов, как правило, указывают пределы смещения базовых точек.

В стандартной системе координат положительные направления осей определяются по правилу правой руки. Большой палец (рис. 1.3,а) указывает положительное направление оси абсцисс (X), указательный – оси ординат (Y), средний – оси аппликат (Z). Положительные направления вращений вокруг этих осей определяются другим правилом правой руки. Согласно этому правилу, если расположить большой палец по направлению оси, то остальные согнутые пальцы укажут положительное направление вращения (рис. 1.3,б).

Ориентация осей стандартной системы координат станка связывается с направлением движения при сверлении на сверлильных, расточных, фрезерных и токарных станках. Направление вывода сверла из заготовки принято в качестве положительного для оси Z , т. е. ось Z всегда связывается с вращающимся элементом станка – шпинделем. Ось X перпендикулярна к оси Z и параллельна плоскости установки заготовки. Если такому определению соответствуют две оси, то за ось X принимают ту, вдоль которой возможно большее перемещение узла станка. При известных осях X и Z ось Y од-

нозначно определяется из условия расположения осей в правой прямоугольной системе координат.

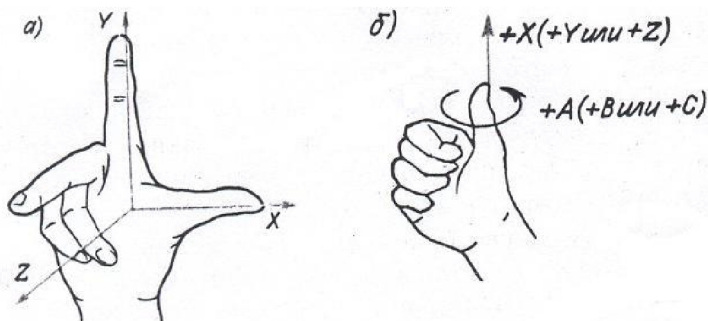


Рис. 1.3. Правило правой руки: а - положительные направления осей координат, б - положительные направления вращений

Начало стандартной системы координат станка обычно совмещают с базовой точкой узла, несущего заготовку, зафиксированного в таком положении, при котором все перемещения рабочих органов станка могли бы описываться положительными координатами (рис. 1.2.). Точка М, принятая за начало отсчета системы координат станка, называется нулевой точкой станка или нулем станка. В этом положении рабочие органы (базовые точки), несущие заготовку и инструмент, имеют наименьшее удаление друг от друга, а отсчетные элементы станка определяют нуль отсчета на табло цифровой индикации.

Для того чтобы отсчет перемещений стола по осям X и Y всегда был положительным, нуль станка М принимают размещенным в одном из углов рабочей зоны, возможных перемещений заготовки или инструмента. Естественно, что положение точки М является фиксированным и неизменным, и в этом случае точка М будет являться началом координат станка.

Таким образом, если на данном станке обрабатывать деталь с использованием абсолютного отсчета, то все ее координаты (рис. 1.4.) должны быть определены относительно нулевой точки М станка.



10

ствующими командами УП. Точный останов рабочих органов в нулевом положении по каждой из координат обеспечивается датчиками нулевого положения.

Движения рабочих органов станка задаются в УП координатами или приращениями координат базовых точек в стандартной (правой) системе координат.

В паспортах станков с ЧПУ всех типов указаны координаты, которые закреплены за конкретным рабочим органом, и показаны направления всех осей, начало отсчета по каждой из осей и пределы возможных перемещений. Для того чтобы не было путаницы с положительными направлениями рабочих органов, связанных с заготовкой (обозначение осей со штрихом) и с инструментом (обозначение осей без штриха), при подготовке УП всегда исходят из того, что инструмент движется относительно неподвижной заготовки. В соответствии с этим и указывают положительные направления осей координат на расчетных схемах, эскизах и другой документации, используемой при программировании. Другими словами, за основную при программировании принимают стандартную систему координат, в которой определены положения и размеры обрабатываемой детали, относительно которой перемещается инструмент. Принятое допущение корректируется системой УЧПУ таким образом, что если для реализации запрограммированного движения инструмента относительно заготовки необходимо переместить рабочий орган с инструментом, то это движение выполняется с заданным в УП знаком, а если требуется переместить рабочий орган с заготовкой, то знак направления движения изменяется на противоположный.

Система координат инструмента. Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущей части относительно державки.

Инструмент описывается в рабочем положении в сборе с державкой (рис. 1.5). При описании всего разнообразия инструмента

для станков с ЧПУ удобно использовать единую систему координат инструмента $X_u Z_u$, оси которой параллельны соответствующим осям стандартной системы координат станка и направлены в ту же сторону. Начало системы координат инструмента располагают в базовой точке Т инструментального блока, выбираемой с учетом особенностей его установки на станке. При установке блока на станке точка Т часто совмещается с базовой точкой элемента станка, несущего инструмент, например с точкой N (рис. 1.6).

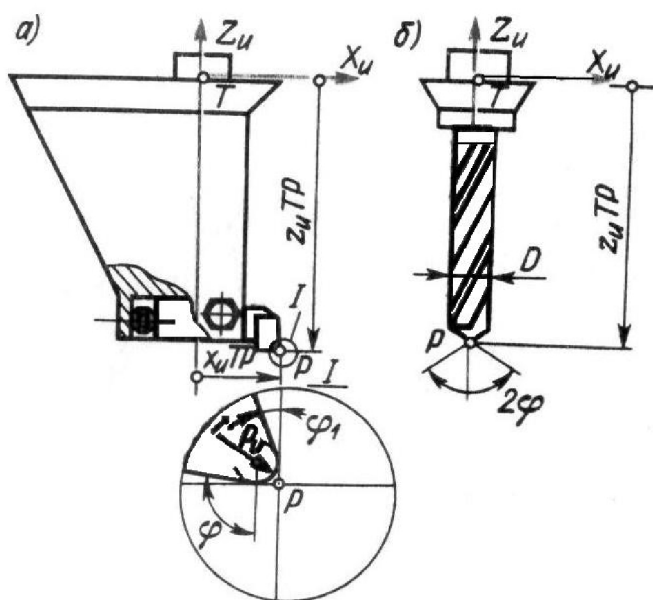


Рис 1.5 Система координат инструмента: а - резец, б – сверло

Режущая часть инструмента характеризуется положением его вершины и режущих кромок. Вершина инструмента задается радиусом закругления r и координатами x_{uTP} и z_{uTP} ее настроеч-

ной точки Р (см. рис. 1.5, а), положение которой относительно начала системы координат инструмента обеспечивается наладкой инструментального блока вне станка на специальном приспособлении. Положение режущей кромки резца задается главным φ и вспомогательным φ_1 углами в плане, а сверла – углом 2φ при вершине и диаметром D . Вершина вращающегося инструмента лежит на оси вращения, и поэтому для ее задания достаточно указать аппликату z_u ТР.

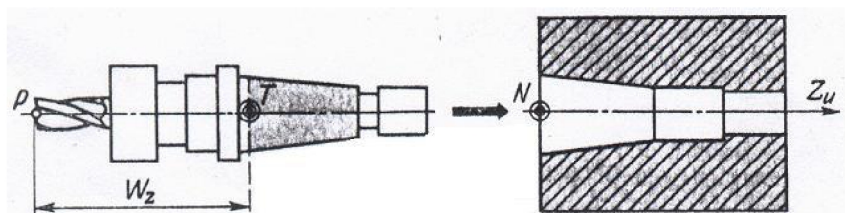


Рис 1.6 Схема базирования инструмента

Настроенная точка инструмента Р обычно используется в качестве расчетной при вычислении траектории инструмента, элементы которой параллельны координатным осям. Расчетной точкой криволинейной траектории служит центр закругления P_u при вершине инструмента (см. рис. 1.5, а).

Связь систем координат. Таким образом, при обработке детали на станке с ЧПУ (рис. 1.7,а) можно выделить три координатные системы. Первая – система координат станка ХМZ, имеющая начало отсчета в точке М – нуль станка (рис. 1.7, б). В этой системе определяются положения базовых точек отдельных узлов станка, причем числовые значения координат тех или иных точек (например точки F) выводятся на табло цифровой индикации станка. Вторая координатная система - это система координат детали или про-

граммы обработки детали $X_d WZ_d$ (рис. 1.7, в). И третья система – система координат инструмента $X_u TZ_u$ (рис. 1.7, г), в которой определено положение центра P инструмента относительно базовой точки F (K , T) элемента станка, несущего инструмент.

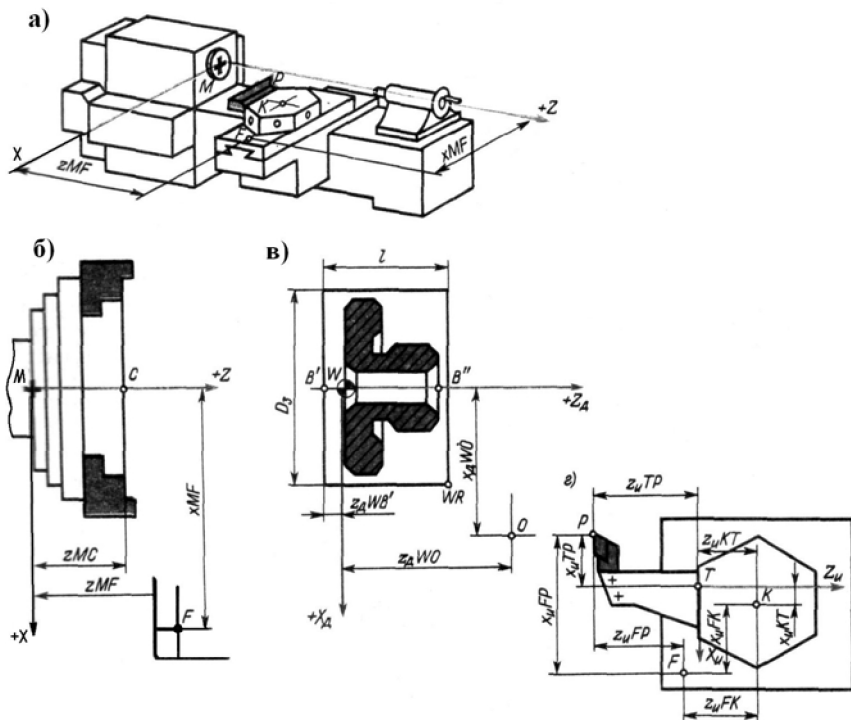


Рис 1.7 Системы координат при обработке на токарном станке

Система координат детали – это система, в которой определены все размеры данной детали и даны координаты всех опорных точек контура детали. Система координат детали переходит в систему координат программы – в систему, в которой даны координаты всех точек и определены все элементы, в том числе и размещение

вспомогательных траекторий, которые необходимы для составления УП по обработке данной детали. Системы координат детали и программы обычно совмещены и представляются единой системой, в которой и производится программирование и выполняется обработка детали. Система назначается технологом-программистом в соответствии с координатной системой выбранного станка.

В этой системе, которая определяет положение детали в приспособлении, размещение опорных элементов приспособления, траектории движения инструмента и др., указывается так называемая точка начала обработки – исходная точка (О). Она является первой точкой для обработки детали по программе. Часто точку О называют «нуль программы». Перед началом обработки центр Р инструмента должен быть совмещен с этой точкой. Её положение выбирает технолог-программист перед составлением программы, исходя из удобства отсчета размеров, размещения инструмента и заготовок и др., стремясь во избежание излишних холостых ходов приблизить инструменты к обрабатываемой детали.

1.3 ОСОБЕННОСТИ УЧПУ РАЗНЫХ КЛАССОВ

Система числового программного управления (СЧПУ) – это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для осуществления ЧПУ станками. Устройство ЧПУ (УЧПУ) станками – это часть СЧПУ выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

В международной практике приняты следующие обозначения УЧПУ в соответствии с их техническими возможностями: NC (Numerical Control); SNC (Stored Numerical Control); CNC (Computer Numerical Control); DNC (Direct Numerical Control); HNC (Handled Numerical Control); VNC (Voice Numerical Control).

Для реальных ЧПУ эта классификация является условной, так как действительный вариант системы управления будет представлять собой синтез отдельных признаков систем разных классов.

Системы класса NC. В системах класса NC принято покадровое чтение перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки.

Системы класса NC работают в следующем режиме. После включения станка и УЧПУ читаются первый и второй кадры программы. Как только заканчивается их чтение, станок начинает выполнять команды первого кадра. В это время информация второго кадра программы находится в запоминающем устройстве УЧПУ. После выполнения первого кадра станок начинает отрабатывать второй кадр, который для этого выводится из запоминающего устройства. В процессе отработки станком второго кадра система читает третий кадр программы, который вводится в освободившееся от информации второго кадра запоминающее устройство, и т.д.

Основным недостатком рассмотренного режима работы является то, что для обработки каждой следующей заготовки из партии системе ЧПУ приходится вновь читать все кадры перфоленты, в процессе такого чтения нередко возникают сбои из-за недостаточно надежной работы считывающих устройств УЧПУ. В результате отдельные детали из партии могут оказаться бракованными. Повышенная вероятность сбоев в системе класса NC объясняется также очень большим числом кадров перфоленты, поскольку для работы таких систем в программе должно быть записано каждое элементарное действие станка. Кроме того, при таком режиме работы перфолента быстро изнашивается и загрязняется, что еще более увеличивает вероятность сбоев при чтении. Наконец, если в кадре записаны действия, которые станок выполняет очень быстро, то УЧПУ за это время может не успеть прочесть следующий кадр, что также ведет к сбоям.

Системы класса SNC. Эти системы сохраняют все свойства систем класса NC, но отличаются от них увеличенным объемом памяти.

Системы класса SNC позволяют прочитать все кадры программы и разместить информацию в запоминающем устройстве большой ёмкости. Перфолента читается только один раз перед обработкой всей партии одинаковых деталей и поэтому мало изнашивается. Все заготовки обрабатываются по сигналам из запоминающего устройства, что резко уменьшает вероятность сбоев, а следовательно и брак деталей.

В настоящее время станки с такими УЧПУ не выпускаются.

Системы классов CNC, DNC, HNC отличаются встроенной в УЧПУ ЭВМ, благодаря чему обеспечивается возможность совмещения функций управления станком и решения отдельных задач подготовки управляющих программ.

Особенность систем класса CNC заключается в возможности изменять и корректировать в период эксплуатации (а не только в период проектирования и изготовления системы) как УП обработки детали, так и программы функционирования самой системы в целях максимального учета особенностей данного станка.

Каждая из выполняемых функций обеспечивается своим комплексом подпрограмм. Подпрограммы увязываются общей координирующей программой-диспетчером, осуществляющей гибкое взаимодействие всех блоков системы.

В запоминающее устройство системы CNC программа может быть введена отдельными кадрами с пульта УЧПУ. В кадрах программы могут записываться не только команды на задания отдельных движений рабочих органов, но и команды, задающие целые группы движений, называемые постоянными циклами, которые хранятся в запоминающем устройстве СПУ. Это приводит к резкому уменьшению числа кадров программы и к соответствующему повышению надежности работы станка.

Системы класса CNC позволяют достаточно просто выполнять в режиме диалога доработку и отладку программ и их редактирование, используя ручной ввод информации и вывод ее на дисплей (на переносный графопостроитель), а также получать отредактированную и отработанную программу на магнитном диске.

Неотъемлемой чертой современных УЧПУ класса CNC является обширная встроенная память (до 256 Кбайт), которая может быть использована в качестве архива УП.

Системами класса DNC можно управлять непосредственно по проводам от центральной ЭВМ, минуя считывающее устройство станка. Однако наличие ЭВМ не означает, что необходимость в УЧПУ у станков полностью отпадает. В одном из наиболее распространенных вариантов систем DNC каждый вид оборудования на участке сохраняет свои УЧПУ классов NC, SNC, CNC. Нормальным для такого участка является режим работы с управлением от ЭВМ, но в условиях выхода из строя ЭВМ такой участок сохраняет работоспособность, поскольку каждый вид оборудования может работать от перфоленты, подготовленной заранее на случай аварийной ситуации.

Оперативные УЧПУ класса HNC позволяют ручной ввод программ в электронную память микроЭВМ с пульта УЧПУ. Программа, состоящая из достаточно большого числа кадров, легко выбирается и справляется с помощью клавиш или переключателей на пульте УЧПУ. После отладки она фиксируется до окончания обработки партии одинаковых заготовок.

Современные УЧПУ класса HNC построены на базе лучших УЧПУ класса CNC, лишь формально отличаясь от последних отсутствием ФСУ для ввода УП с перфолент. Но УЧПУ класса HNC имеют входное устройство для подключения переносных ФСУ и других внешних устройств. Новейшие модели УЧПУ класса HNC имеют повышенный объем памяти встроенной микроЭВМ. Подобные устройства позволяют вести программирование с пульта

УЧПУ в режиме диалога и при использовании большого архива стандартных подпрограмм, хранящихся в памяти встроенной микроЭВМ. Эти подпрограммы по команде с пульта вызываются на экран дисплея, на экране высвечиваются как графика (схема обработки), так и текст (перечень необходимых данных для ввода в УЧПУ по выбранной подпрограмме). УЧПУ рассмотренного вида обеспечивают также автоматический выбор инструмента из имеющихся в наличии (в магазине станка), определяют режимы обработки выбранным инструментом для деталей из различных материалов, находят оптимальную последовательность операций и т.д. В общем случае такие системы позволяют вести подготовку УП непосредственно у станка по чертежу детали без каких-либо особых предварительных работ технологического характера. Ряд УЧПУ рассматриваемого класса позволяют вести программирование параллельно с работой станка по ранее отработанной и хранящейся в памяти УЧПУ программе, что исключает простои станков.

УЧПУ класса VNC позволяют вводить информацию непосредственно голосом. Принятая информация преобразуется в УП и затем в виде графики и текста отображается на дисплее, чем обеспечивается визуальный контроль введенных данных, их корректировка и отработка. УЧПУ класса VNC пока еще не получили распространения в промышленности, но, вероятно, в ближайшем будущем будут представлены широко как наиболее совершенные конструкции, обеспечивающие сервисные возможности высочайшего уровня.

Структура обозначения. Обозначение типа УЧПУ состоит из нескольких элементов:

буква означает тип системы: П – позиционная; Н – непрерывная (контурная); У – универсальная или контурно-позиционная;

цифра впереди букв означает модификацию системы;

первая цифра за буквой – общее число управляемых по программе координат;

вторая цифра за буквой – тип привода: 1 – шаговый; 2 – следящий или следящерегулируемый.

Встречаются и кодовые обозначения, например «Размер 4» и др. Буквы в таком обозначении чаще всего указывают модификацию системы.

2 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

2.1 КЛАССИФИКАЦИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Металлорежущие станки с ЧПУ классифицируют по следующим основным признакам:

- по виду основных операций обработки подразделяются на токарные, фрезерные, сверлильные, координатно-расточные, сверлильно-фрезерные, шлифовальные, многоцелевые, для электрообработки, разные;

- по принципу управления движением, который определяется системой ЧПУ (СЧПУ);

- по количеству используемого инструмента на одноинструментальные и многоинструментальные.

Многоинструментальными принято считать станки с числом инструментов до 12. Станки, обеспечивающие особо высокую концентрацию операций, имеющие более 12 инструментов и снабженные специальными магазинами для размещения инструментов, относятся к многоцелевым.

По принципу управления движением СЧПУ делят на следующие группы:

- позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;

- контурные или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;

- универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так

и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;

– многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

Примером применения систем ЧПУ первой группы являются сверлильные, расточные и координатно-расточные станки. Примером второй группы служат системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков

К четвертой группе относятся бесцентровые круглошлифовальные станки, в которых от систем ЧПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д. Существуют позиционные, контурные, комбинированные и многоконтурные циклы управления.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем с ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Под индексацией понимают схему обозначения станков. В соответствии с классификацией систем программного управления (СПУ) принята следующая схема обозначения станков. К основному обозначению станка добавляют один из индексов: Ц – станки с цикловым управлением; Т – станки с оперативными СПУ; Ф1 – станки с цифровой индикацией положения рабочих органов, а так-

же станки с цифровой индикацией и ручным вводом данных; Ф2 – станки с позиционными и прямоугольными ЧПУСПУ; Ф3 – станки с контурными СПУ; Ф4 – станки со смешанными СПУ. Кроме того, введены индексы, отражающие конструктивные особенности станков, связанные с автоматической сменой инструмента: Р – смена инструмента поворотом revolverной головки; М – смена инструмента из магазина. Индексы Р и М записывают перед индексами Ф2, Ф3, Ф4. Например, РФ2 – станок с позиционной СПУ и revolverной инструментальной головкой; МФ3 – станок с контурной СПУ и инструментальным магазином. Индекс МФ4 многоцелевого станка означает, что станок оснащен смешанной СПУ и магазином инструментов.

В станках с ЧПУ сохраняется индексация по точности, принятая для универсальных станков: нормальная точность – класс Н, повышенная точность – класс П, высокая точность – класс В, особая точность – класс А, особо высокая точность (мастер-станки) – класс С. Индекс класса точности (за исключением Н) в обозначении станка приводится после всех цифровых индексов, например: 6Б76ПМФ4 – многоцелевой станок повышенной точности.

2.2 ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СТАНКОВ ЧПУ

Типы металлорежущих станков с ЧПУ характеризуются их технологическим назначением (для обработки определенных групп деталей: валов, фланцев, плит, кулачков, корпусных и других деталей), характером производства (мелкосерийное, серийное), требуемой точностью обработки (повышенной, высокой и особо высокой), а также возрастающими требованиями промышленности к станкам с ЧПУ по повышению производительности, надежности, удобства обслуживания и эксплуатации. Из всех типов металлорежущих станков с ЧПУ выделены две основные группы: для обработки тел вращения (токарные станки с ЧПУ) и для обработки корпусных деталей (фрезерные станки с ЧПУ).

Токарные станки с ЧПУ по основным параметрам обработки, то есть по отношению длины обработки L к диаметру D , можно разбить на патронные (для обработки деталей с $L/D=0,25\div 1,0$) и центровые (патронно-центровые), обеспечивающие обработку деталей с $L/D=1,0\div 10$ и выше.

В типы токарных станков с ЧПУ включены как базовые модели, так и их модификации (с револьверной головкой, с инструментальным магазином, многосуппортные, двухшпиндельные и др.). Наиболее важной характеристикой токарных станков является схема размещения на станке инструментальных блоков. Эти схемы могут быть самыми различными. В традиционной схеме инструмент крепят в резцедержателе суппорта. Большую емкость обеспечивает схема с револьверной головкой на суппорте; эта головка может быть размещена за осью центров станка или выше нее при соосном или перпендикулярном размещении инструмента в головке. Для прутковых и патронных токарных станков применяют схемы, при которых инструмент располагается на оси шпинделя. Достаточно распространенными являются конструкции токарных станков с двумя револьверными головками, с револьверной головкой и суппортом, с двумя суппортами. В крупносерийном производстве применяют двух- и трехшпиндельные токарные станки с револьверными головками.

Токарные многоцелевые станки помимо токарной обработки валов и фланцев позволяют за один установ обрабатывать отверстия, параллельные или перпендикулярные по отношению к оси вращения заготовок, фрезеровать пазы и др. На рис. 2.1 показан такой станок. Шпиндельная бабка 1 может перемещаться по вертикальным направляющим. Благодаря этому заготовка способна изменять положение относительно инструментального шпинделя 4. В шпиндель 4 с помощью автооператора 3 передаются инструменты, закрепленные в оправках, находящиеся в магазине 2. Магазин инструментов, автооператор и инструментальный шпиндель установ-

лены на массивном корпусе 9, размещенном на суппорте 8 станка. Корпус может поворачиваться вокруг вертикальной оси. Это нужно для сверления центрального и параллельных ему отверстий в заготовке, а также для выполнения сверлильных, фрезерных и других переходов при различном положении инструментов по отношению к заготовке. Шпиндель станка, несущий заготовку, имеет дополнительный привод для поворота на заданный угол. Инструменты для выполнения токарных работ крепятся в гнездах револьверной головки 10 размещенной на корпусе 9. На станке можно выполнять токарную обработку заготовок типа валов, устанавливаемых в патроне с опорой на задний центр 5 или в центрах. В этом случае с помощью инструментов, закрепляемых в шпинделе 4, можно обрабатывать шпоночные канавки, пазы, отверстия и другие элементы, расположенные вдоль вала или на его образующей. Для удаления и сбора стружки служат скребковый конвейер 7 и тележка 6.

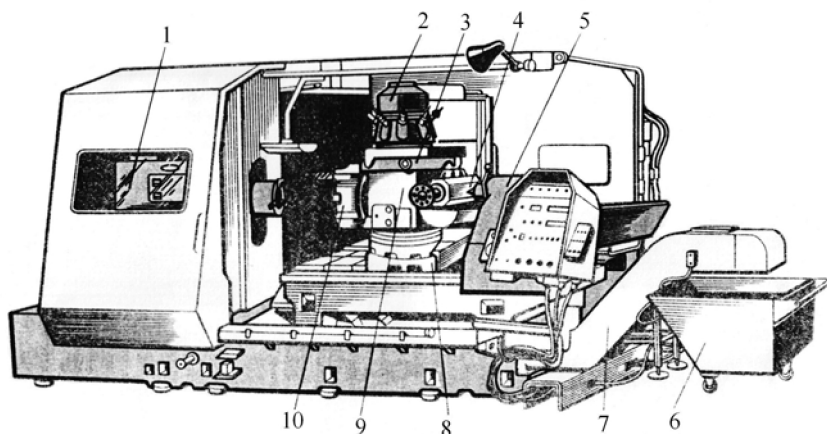


Рис 2.1 Многоцелевой токарный станок

Фрезерные станки с ЧПУ выпускают с консольным столом размерами 250x1000, 320x1250, 400x1600 мм. Станки с бескон-

сольным столом имеют повышенные жесткость и точность обработки. Ширина столов таких станков составляет ряд, мм: 250, 400, 500, 630, 1000.

Многоцелевые фрезерные станки позволяют выполнять множество операций с одной установкой детали на станке. По конструктивному признаку многоцелевые станки делят на станки с горизонтальным шпинделем и поворотным столом для комплексной фрезерно-расточно-сверлильной обработки корпусных деталей; с вертикальным шпинделем для комплексной обработки плоских деталей; с продольным столом для комплексной обработки длинномерных деталей. На рис. 2.2 показан многоцелевой фрезерный станок для обработки корпусных деталей средних размеров в условиях серийного производства. Шпиндель 3 и шпиндельная бабка 4 станка размещены в проеме стойки 7, где бабка перемещается по направляющим, охватывающим ее с двух боковых сторон. На поворотный стол 1 станка можно устанавливать заготовку массой до 7 тонн. Поворачивая стол, можно изменять угловое положение заготовки по отношению к шпинделю и обрабатывать ее с четырех сторон при одном установе. Режущие инструменты размещаются при наладке в гнездах инструментального магазина 6. Для передачи инструментов из магазина в шпиндель и обратно служит двухзахватный автооператор 5. Для сокращения вспомогательного времени на установку и снятие заготовок имеется двухпозиционный поворотный стол 9, при этом заготовки закрепляют в приспособлениях-спутниках. Один из спутников 2 находится на основном поворотном столе станка вместе с обрабатываемой заготовкой. На другом спутнике 8 в это время устанавливают следующую заготовку. После окончания обработки первой заготовки она автоматически передвигается вместе со спутником 2 вправо, на двухпозиционный стол 9. После этого стол 9 поворачивается на 180^0 и спутник 8 со «своей» заготовкой поступает на стол 1 в рабочую зону станка. Об-

работанная деталь снимается со спутника 3 и вместо нее устанавливают и закрепляют следующую заготовку.

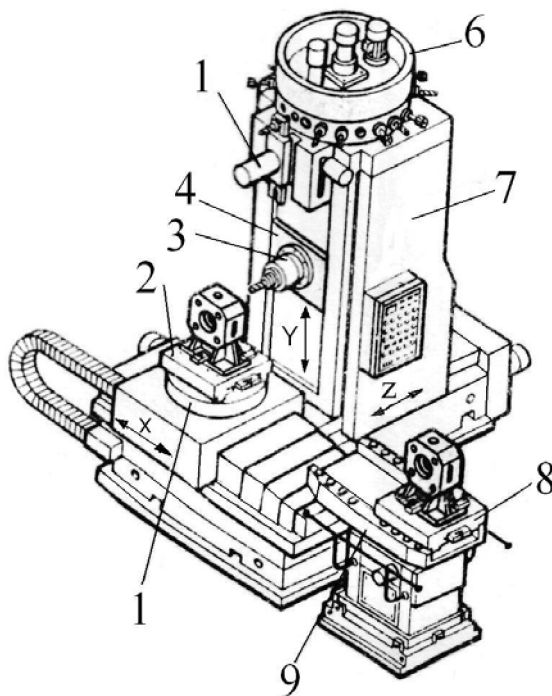


Рис 2.2 Многоцелевой станок ИР 500МФ4

2.3 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

Механические базовые узлы станков с ЧПУ изготавливают с повышенной точностью, жесткостью, виброустойчивостью и надежностью, так как станки с ЧПУ являются дорогостоящим оборудованием и должны работать более двух смен в сутки.

Станины станков с ЧПУ являются основными базовыми элементами, так как на них размещают направляющие станков. Станины станков с ЧПУ изготавливают:

- чугунными, оснащенными стальными закаленными и шлифованными направляющими (как роликовыми направляющими качения, так и гидростатическими);

- сварными, имеющими закаленные направляющие, чаще прямоугольной формы, специальная технология сварки и термообработки обеспечивает сохранение первоначальной точности на длительное время;

- с вертикальным или наклонным расположением плоскости направляющих для обеспечения схода стружки.

Направляющие различают на направляющие скольжения, качения и комбинированные. Наибольшее распространение в станках с ЧПУ получили направляющие качения и комбинированные. В таких направляющих обычно используют роликовые опоры. Опоры (рис.2.3) монтируют на станине 11 с помощью различных регулирующих устройств. Опора 1 закрепляется на клине 2, который может смещаться в продольном направлении с помощью двух винтов 15, вторая опора 6, расположенная с другой стороны станины, может перемещаться с помощью винта 8, связанного с клиновой опорой 5. Клинья 2 и 5 опираются на клиновые опоры 3 и 7, которые с боковых сторон ограничены планками 14 и 9 и опираются на штифты 10, 13 со сферической головкой. Между опорами размещена прокладка 4. После окончательной выверки узла в сборе полости 12 заливают жидкой быстротвердеющей пластмассой. Когда она затвердеет, путем перемещения клиньев 2 и 5 создается предварительный натяг, обеспечивающий жесткость узла.

Главный привод станков с ЧПУ должен обладать высокой мощностью и бесступенчатым регулированием скорости при управлении от УЧПУ. Для этого используют различные типы главного привода: с асинхронным электродвигателем; с регулируемым элек-

тродвигателем постоянного тока; с электродвигателем, применяемым совместно с гидроусилителями.

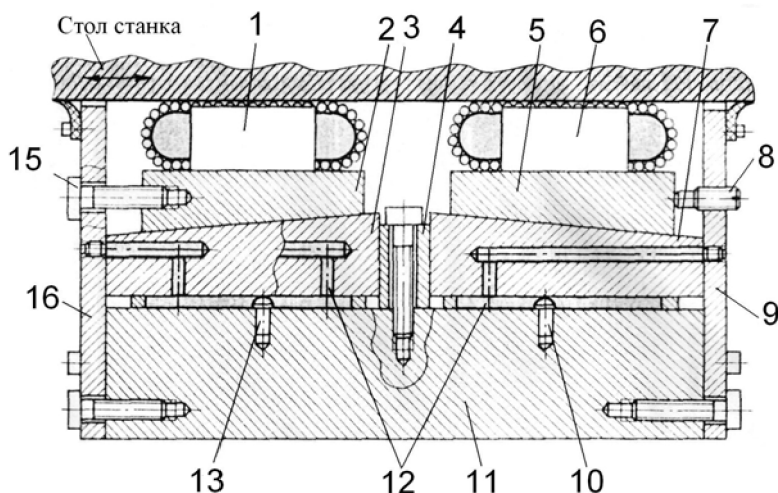


Рис 2.3 Схема установки роликовых опор на станине

Шпиндель станка с ЧПУ должен обладать повышенной жесткостью и высокой точностью вращения. Особое значение в шпиндельных узлах станков уделяется теплоотводу, который осуществляется специальной системой смазки и охлаждения.

Привод подачи для станков с ЧПУ должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь расширенный диапазон регулируемых подач (от 1 до 10000 мм/мин);
- обладать повышенной жесткостью кинематических цепей и плавностью хода, особенно при медленных перемещениях;
- иметь повышенную долговечность и возможность дистанционного управления от УЧПУ.

В связи с этим на станках с ЧПУ применяют следующие типы приводов подачи:

- привод от асинхронного двигателя через коробку передач (механический) с переключением от электромагнитных муфт;

- привод от электродвигателя постоянного тока с преобразователем для регулирования частоты вращения в широких пределах (тиристорный привод);

- электрический привод с использованием низкооборотного двигателя постоянного тока (1000 об/мин) на высокоэнергетических постоянных магнитах, который обычно соединяют непосредственно с ходовым винтом станка без промежуточного редуктора;

- гидропривод с использованием гидроцилиндров или гидромоторов, которые устанавливают на конечное звено привода (обычно пара винт – гайка качения).

Датчики обратной связи применяют для станков с ЧПУ, имеющими замкнутую систему управления (с обратной связью). Применяемые датчики имеют самую разнообразную конструкцию: магнитные, фотоэлектрические, индукционные, электрические, оптические, ультразвуковые. Все перечисленные выше датчики делят на линейные и круговые. Предпочтительными являются: из линейных – линейный индуктосин и оптическая шкала; из круговых – круговой индуктосин и вращающийся трансформатор.

Рассмотрим конструкцию линейного индуктосина. Индуктосин состоит (рис.2.4, а) из линейки I, жестко закрепленной на неподвижной части станка, и движка (слайдера) II, перемещаемого вместе с подвижной частью станка. Основой линейки индуктосина является несущая деталь 1, изготовленная из алюминия или изоляционного материала. Эту деталь покрывают слоем изоляционного материала 2, на который наносят медную обмотку 3 (меандр с шагом 2 мм). Сверху медную обмотку покрывают слоем лака 4. Слайдер II оснащен экраном 5, представляющим собой медную полосу. На слайдере выполняют две печатные обмотки C1 – C3 и C2 – C4, сдвинутые относительно друг друга на $\frac{1}{4}$ шага, или на 90° по фазе (рис.2.4, б).

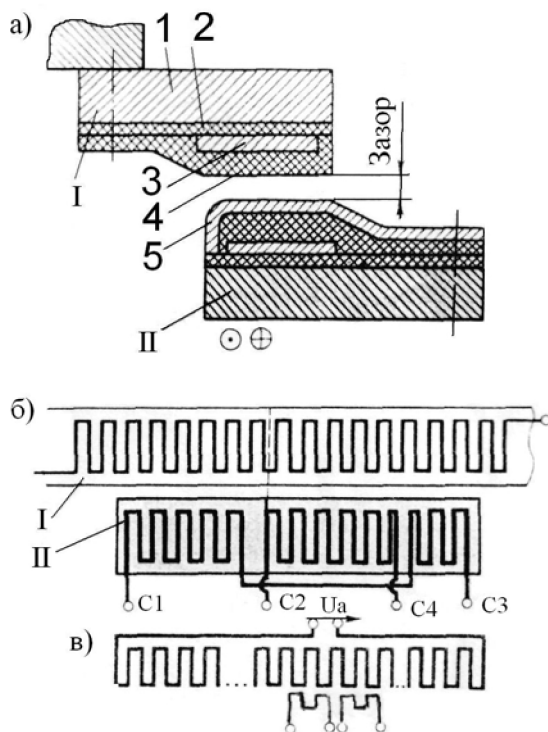


Рис 2.4 Линейный индуктосин

Слайдер является статором, линейка индуктосина является ротором и с ее обмоток снимается сигнал U_a в виде синусоидального напряжения (рис.2.4, в). Смещение слайдера приводит к изменению электрического сигнала-импульса, который преобразуется в импульсы. Сумма импульсов, подсчитанная счетчиком, определяет перемещение исполнительного органа станка.

В качестве примера кругового датчика рассмотрим вращающийся трансформатор (револьвер). Вращающийся трансформатор

(ВТ) – это микромашина переменного тока, служащая для преобразования угла поворота ротора в синусоидальное напряжение. Статор вращающегося трансформатора (рис.2.5) имеет две однофазные обмотки С1 – С2 и С3 – С4, сдвинутые на 90^0 относительно друг друга. Ротор также имеет две обмотки, включенные последовательно (на рисунке показана для упрощения одна обмотка Р1 – Р2). На роторе и статоре равномерно расположены пазы, в которых размещены взаимно перпендикулярные обмотки. Первичными обмотками ВТ чаще всего являются обмотки статора, а вторичными – обмотки ротора, который связан с перемещающимся (вращающимся) элементом станка. При повороте ротора, который и является первичным датчиком, снимается синусоидальное напряжение. При подключении обмоток статора к сети переменного тока образуется вращающееся магнитное поле. Стрелка на рис.2.5 показывает результирующий магнитный поток, проходящий через ротор в данный момент времени. Вращающееся магнитное поле индуцирует в обмотках ротора переменное напряжение, которое является выходным сигналом, фаза которого сдвинута относительно синусоидального входного сигнала статора. Этот сдвиг фазы зависит от положения ротора. Таким образом, при повороте вала ротора механический угол вращения преобразуется в электрический, то есть в сдвиг фаз.

Устройства автоматической смены инструмента являются главной особенностью многоцелевых и многоинструментальных станков с ЧПУ. Как правило, для автоматизации смены инструмента используют систему устройств и механизмов, состоящую из двух основных элементов: магазина, служащего для создания запаса инструментов; устройства автоматической смены инструмента (АСИ), передающего инструмент из магазина в шпиндель станка и обратно.

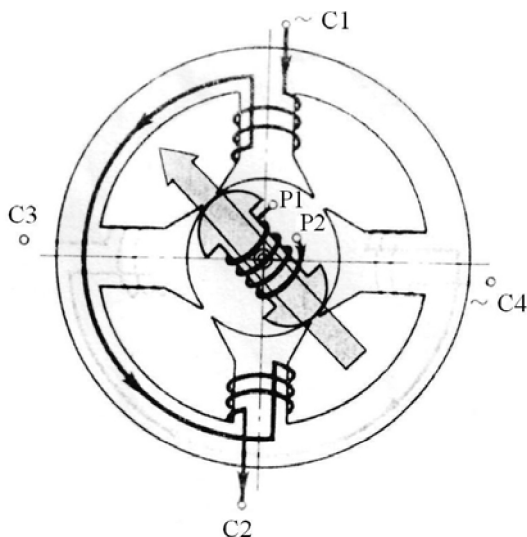


Рис 2.5 Вращающийся трансформатор

Рассмотрим один из способов замены, когда оси инструментов в магазине и шпинделе металлорежущего станка не совпадают, но параллельны между собой (рис.2.6). В этом случае инструментальный магазин *М* устанавливают на стойку станка. Для связи магазина со шпинделем *Ш* станка используют автооператор *А* с двумя захватами. При смене инструментов автооператор совершает ход снизу вверх и захватывает оправку инструмента, находящуюся в гнезде магазина. Одновременно вверх поднимается шпиндельная бабка *ШБ* со шпинделем *Ш* и оправка с инструментом входит в нижний захват автооператора. Далее автооператор вытаскивает обе оправки в направлении оси шпинделя и поворачивается вокруг своей оси на 180^0 , подводя к шпинделю сменяемый инструмент. Ходом вдоль оси инструмент вставляется в шпиндель, где автома-

тически закрепляется. Одновременно отработавший инструмент устанавливается в гнездо магазина.

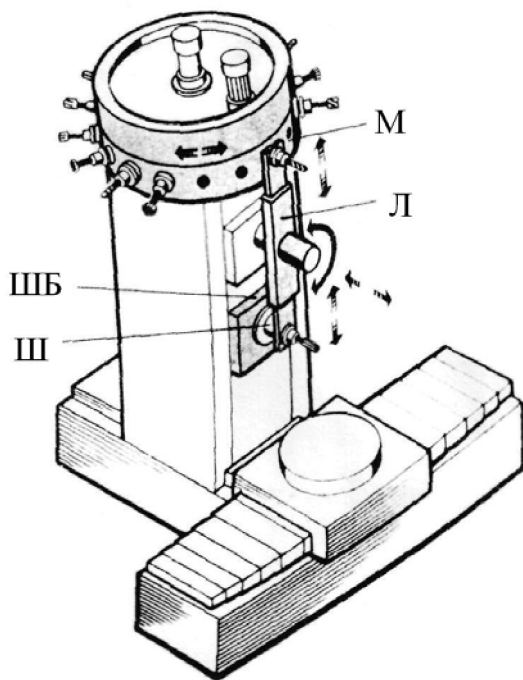


Рис 2.6 Схемы смены инструментов при параллельном расположении инструментов в магазине шпинделя

Особую группу составляют устройства смены инструмента с *позицией ожидания*. В таких устройствах (рис.2.7) в промежуточном гнезде – позиции ожидания (*ПО*) может находиться инструмент, подготовленный для подачи в шпиндель, или инструмент, уже закончивший работу и ожидающий возврата в гнездо магазина.

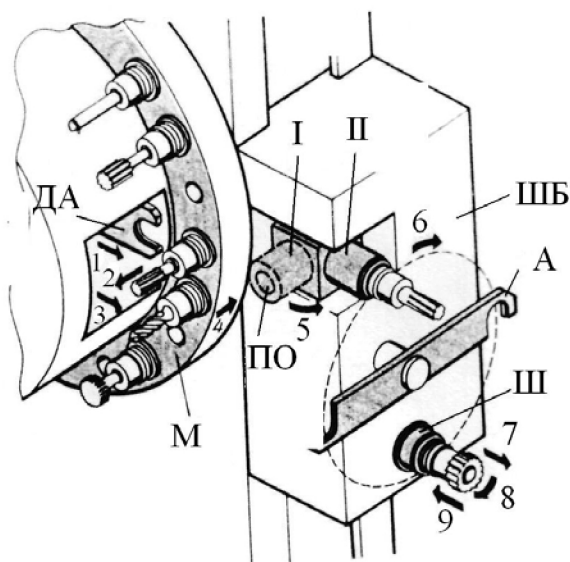


Рис 2.7 Схема смены инструмента устройством с позицией ожидания

Инструмент, предназначенный для подачи в шпиндель *Ш*, подается в позицию смены поворотом дискового магазина *М*. Дополнительный автооператор *ДА* движением в направлении стрелки 1 захватывает инструментальную оправку и ходом по стрелке 2 вынимает ее из магазина. Затем следует движение 3 автооператора *А* до совмещения оси инструментальной оправки с осью гнезда позиции ожидания *ПО*. Ходом 4 оправка с инструментом подается в гнездо и дополнительный автооператор *ДА* возвращается в исходное положение. Подготовка к смене инструментов заканчивается поворотом гнезда *ПО* на 90^0 вокруг вертикальной оси – из положения *I* в положение *II* (движение 5). После окончания работы инструмента, находящегося в шпинделе, автооператор *А*, поворачиваясь

относительно горизонтальной оси (движение 6), захватывает одновременно оправки сменяемого и нового инструмента, вынимая их (движение 7) из гнезда и шпинделя и, поворачиваясь на 180° (движение 8), меняет места. Движением 9 оправки подаются в гнездо *ПО* и шпиндель *Ш*. Для возврата отработавшего инструмента в магазин гнездо *ПО* поворачивается на 90° , после чего вступает в работу дополнительный автооператор *ДА*.

2.4 ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СТАНКОВ С ЧПУ

К основным показателям работы станков с ЧПУ относят:

1. Геометрические и рабочие параметры станков.
2. Точность станков.
3. Производительность станков.
4. Надежность станков.
5. Универсальность и экономическую эффективность станков.

Геометрические параметры станков характеризуются рабочим пространством (рабочей зоной), внутри которого инструмент и обрабатываемая деталь могут взаимодействовать в любой точке. В станках, предназначенных для обработки тел вращения рабочее пространство – цилиндрическое, определяемое радиусом (высотой центров) и длиной, а в станках для обработки призматических деталей рабочее пространство – прямоугольное, определяемое длинами координатных перемещений.

К *рабочим параметрам* станков относятся скорости движений рабочих органов и мощность, реализуемая в процессе резания. Разнообразие деталей, обрабатываемых на одном станке, особенно для многоцелевых станков, требует значительный диапазон скоростей резания и рабочих подач.

Производительность станка с ЧПУ определяется числом деталей, обработанных в единицу времени, и выбирается в зависимости от требуемой ритмичности производства. Производительность

станка с ЧПУ может быть подсчитана как средняя штучная производительность:

$$Q_c = \frac{1}{t_o} = \left[\left(\frac{m}{n} \right) \cdot t_{nz} + t_z + \sum_1^i t_p + \sum_1^{i-1} t_u + \sum_1^k t_k \right]^{-1},$$

где t_o – среднее штучное время; t_{nz} – подготовительно-заключительное время на партию деталей; m – число партий в год; n – общее число деталей в год; i – число рабочих операций при обработке данной детали; k – число контрольных операций; t_u – время смены инструмента; t_z – время смены заготовки; t_p – основное время; t_k – время контрольной операции.

Для повышения производительности станков с ЧПУ следует стремиться к сокращению подготовительно-заключительного времени на каждую партию деталей и к уменьшению общего числа партий деталей, обрабатываемых на станке. Первое условие обеспечивается за счет совершенствования приспособлений и оснастки, а также сокращения затрат на формирование управляющей программы. Уменьшить время на смену режущего инструмента можно за счет повышения динамических характеристик устройств автоматической смены инструмента. Время смены инструмента в станках с ручной его заменой возможно за счет применения быстродействующих зажимных устройств.

Для уменьшения времени на смену заготовки станки с ЧПУ оборудуют многопозиционными устройствами автоматической смены обрабатываемых деталей.

Основное время обработки деталей можно сократить за счет повышения скоростей резания и соответствующего увеличения мощности главного привода. Это позволяет использовать прогрессивные режущие инструменты, оптимальные режимы резания. Вспомогательное время как составляющая основного времени сокращается за счет увеличения быстродействия узлов станка.

Точность станка определяется точностью исполнительных движений его рабочих органов и их относительным расположением во время обработки. Суммарная погрешность обработки формируется множеством взаимосвязанных ошибок Δ_i , возникающих в несущей системе станка, приводе его рабочих органов, системах управления и контроля, в инструменте и самой обрабатываемой детали. Анализ составляющих суммарной погрешности Δ_{Σ} обработки на конкретных станках говорит о доминирующем значении нескольких источников ошибок, которые и определяют общую точность станка. Основными составляющими общей погрешности станка обычно являются ошибки привода подач: ошибки позиционирования, геометрические погрешности и упругие перемещения несущей системы.

Надежность станка подразумевает способность выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах. В свою очередь, надежность характеризуется безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

Под безотказностью станка понимают возможность сохранять работоспособность в течение некоторого времени (наработки). Долговечность – свойство станка сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Различие между безотказностью и долговечностью заключается в том, что безотказность охватывает ограниченное время, а долговечность распространяется на ресурс работы станка с возможными перерывами на ремонт.

Под ремонтпригодностью станка понимают способность к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонта и технического обслуживания.

Для станков с ЧПУ предложен комплексный показатель надежности – удельная длительность восстановления B , характеризующаяся отношением показателей ремонтпригодности T_e и безотказности T станков:

$$B = \frac{\sum_{j=1}^m t_{ej}}{\sum_{i=1}^N t_i} = T_e / T,$$

где t_{ej} – время затрачиваемое на обнаружение причины и устранение последствий j -го отказа станка, ч; t_i – суммарная наработка i -го станка за период наблюдений, ч; N – число станков, находящихся под наблюдением; m – суммарное число отказов станков с ЧПУ.

Установлены следующие нормы надежности: для станков с револьверной головкой и одноинструментальных $B=0,05 \div 0,07$, то есть допускается 5 – 7 ч простоев для непланового ремонта на 100ч работы по управляющим программам; для станков с инструментальным магазином $B=0,07 \div 0,10$; для устройств ЧПУ $B=0,005 \div 0,02$.

При эксплуатации станков с ЧПУ необходимо организовать наблюдение за работоспособностью станков и сбор статистической информации об отказах. Основной формой учета работы и отказов является эксплуатационный журнал – дневник, в котором фиксируют информацию о качестве выполнения отдельными системами станка требуемых функций, о всех нарушениях в нормальной работе, о проводившихся мероприятиях по восстановлению и поддержанию работоспособности с указанием времени выполнения каждого этапа эксплуатации станка. Из данного журнала могут быть взяты все данные, необходимые для расчета удельной длительности восстановления. Наблюдения также ведут за отдельными подсистемами станка и УЧПУ: механическими устройствами, гидро-

системой, пневмосистемой, системой смазки и охлаждения, электрической аппаратурой, измерительными системами, устройством ввода информации, электронными блоками.

Универсальность станков с ЧПУ и станочных систем определяется затратами на переход от обработки партии одних деталей к обработке партии других деталей. Для каждого вида оборудования существуют оптимальные условия эксплуатации, связанные с масштабом производства. Это относится и к отдельным станкам, и к станочным системам. В зависимости от соотношения затрат на переналадку оборудования и затрат, связанных с изготовлением «лишних» деталей, существует оптимальный размер партии деталей для каждого конкретного оборудования.

Универсальность и производительность – противоречивые требования, поэтому с уменьшением степени универсальности станков и станочных систем их производительность может быть повышена за счет концентрации технологических операций, совмещения времени рабочих и вспомогательных операций, применения многоинструментальной обработки.

Экономическая эффективность является важнейшим параметром оценки работы станка и автоматической станочной системы, так как любой вид технологического оборудования направлен на снижение затрат труда в производстве. Снижение себестоимости связано со сроками обновления технологического оборудования. Экономическую эффективность определяют суммированием приведенных затрат S как при создании нового оборудования, так и при его эксплуатации. Поэтому приведенные затраты S представляют собой сумму годовой себестоимости продукции « c » и нормативных отчислений от капитальных вложений F в производственные фонды:

$$S=c + kF,$$

где k – нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

3.1. ОСОБЕННОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Приспособления к станкам с ЧПУ отличаются высокой жесткостью и точностью отдельных элементов и узлов своей конструкции. Для обеспечения автоматической обработки поверхностей заготовки приспособление должно иметь точное базирование относительно нулевой точки станка. Станки с ЧПУ обеспечивают обработку заготовки со многих ее сторон. Поэтому приспособления должны предоставить возможность подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям при одной установке заготовки.

Для уменьшения времени простоя станков с ЧПУ, связанного со сменой заготовок, необходимо сокращать время зажима-разжима заготовок. Для этого приспособления снабжаются гидрофицированными устройствами. С этой же целью приспособления изготавливают многоместными, что позволяет производить смену заготовок во время работы станка.

Станки с ЧПУ отличаются малыми затратами времени на переход к обработке другой детали, так как они связаны лишь со сменой программносителя и режущего инструмента. Поэтому приспособления должны обладать быстрой переналадкой или сменой на станке.

С целью повышения точности базирования заготовок соединения деталей и узлов в приспособлениях производят с минимальными зазорами или беззазорными.

На станках с ЧПУ наиболее эффективно применять системы переналаживаемых приспособлений, обеспечивающих возможность обработки широкой номенклатуры заготовок благодаря пе-

рекомпановке, смене или регулированию установочных и зажимных элементов.

Все приспособления можно классифицировать на две основные группы:

- 1) приспособления к станкам токарной группы;
- 2) приспособления к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы.

Среди приспособлений к токарным станкам можно выделить две подгруппы:

- 1) приспособления для установки деталей типа фланец, втулок, стаканов;
- 2) приспособления для установки валов.

Преимущественное распространение для станков с ЧПУ фрезерно-сверлильной-расточной группы получили переналаживаемые стандартные системы следующих станочных приспособлений:

- 1) универсально-безналадочные приспособления;
- 2) универсально-наладочные приспособления;
- 3) специализированные наладочные приспособления;
- 4) универсально-сборные приспособления;
- 5) сборно-разборные приспособления;
- 6) универсально-сборная и переналаживаемая оснастка.

3.1.1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К СТАНКАМ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Для установки заготовок наибольшее применение получили самоцентрирующие и поводковые патроны.

При больших частотах вращения шпинделя применяют *самоцентрирующий клиновой патрон* (рис.3.1). Патрон обеспечивает компенсацию центробежных сил кулачков с помощью специальных грузов 1, установленных на рычагах 3 в корпусе 2 и соединенных с основными кулачками 4.

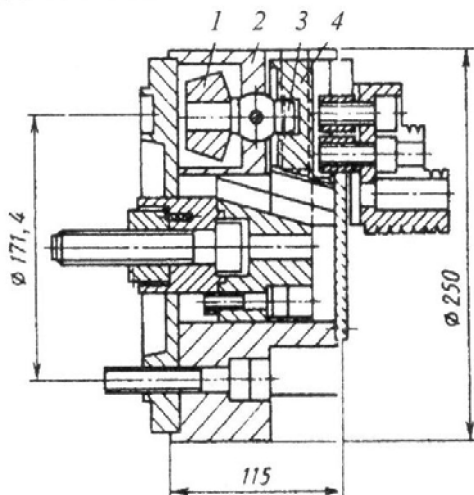


Рис 3.1 Самоцентрирующий клиновой патрон:
1 – груз; 2 – корпус; 3 – рычаг; 4 – кулачок

На рис.3.2 показан *патрон с быстрой переналадкой кулачков*. Кулачки 9 патрона закрепляются со спиральным диском 8, внутри которого выполнен зубчатый венец 7, являющийся наружным колесом планетарной передачи. Центральная шестерня 10 выполнена на втулке 12, шлицы которой соединены с пальцами ползуна 11. Винтовые шлицевые пазы ползуна взаимодействуют с пальцами кольца 3, закрепленного на корпусе патрона. На водиле 5 планетарной передачи установлены сателлиты 6 и колесо самотормозящейся червячной передачи. Выступ на торце червяка 4 входит в отверстие втулки 13. Для переналадки кулачков на требуемый диаметр вращают ключом втулку 13, которая посредством червяка 4 входит и колеса 1 поворачивает водило 5. При этом сателлиты, обкатываясь по неподвижной шестерне 10, вращают спиральный диск, перемещая радиально кулачки на требуемый размер.

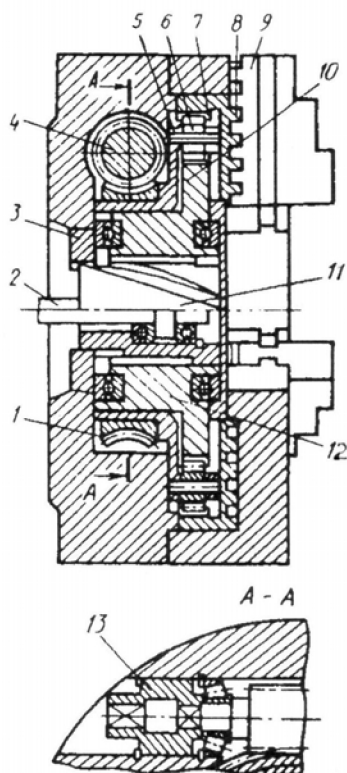


Рис 3.2 Патрон с быстрой переналадкой положения кулачков:

1 – червячное колесо; 2 – тяга; 3 – кольцо; 4 – червяк; 5 – водило; 6 – сателлит;
 7 – зубчатый венец; 8 – диск; 9 – кулачок; 10 – центральная шестерня; 11 – ползун;
 12 – шлицевая втулка; 13 – втулка

Закрепление заготовки осуществляется механизированным (пневно-гидро- или электро-) приводом, закрепленным на заднем конце шпинделя станка. Привод перемещает тягу 2 и ползун 11 влево. При этом пальцы кольца 3, входящие в винтовые пазы ползуна, поворачивают последний, в результате чего центральная шестерня 10 вращает сателлиты, поворачивая зубчатое колесо 7 и спиральный диск 8, перемещающий кулачки, закрепляющие заготовку.

При этом вследствие самоторможения червяка водило остается неподвижным.

Патроны самоцентрирующие клиновые быстропереналаживаемые конструкции ЭНИМСа (рис.3.3) предназначены для центрирования и закрепления заготовок на токарных и токарно-револьверных станках с ЧПУ в условиях серийного производства. Патрон состоит из корпуса 4, двух кулачков (незакаленного 1 и основного 2), крышки 3, штифта 7, эксцентрикового устройства 8, с помощью которого осуществляется закрепление зажимных кулачков прижимом 6 после их переустановки, и штока 5.

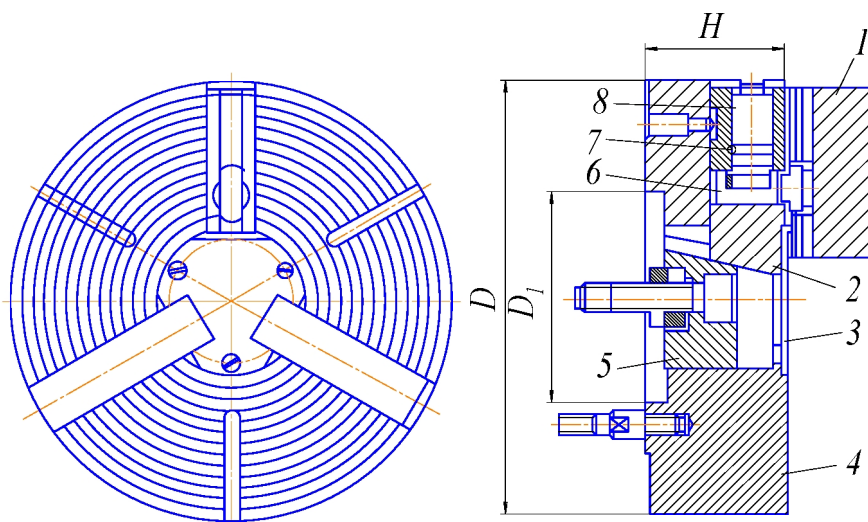


Рис 3.3 Патрон быстропереналаживаемый:

- 1 – незакаленный кулачок; 2 – основной кулачок; 3 – крышка; 4 – корпус;
5 – шток; 6 – прижим; 7 – штифт; 8 – эксцентриковое устройство

Зажим и разжим заготовки в патроне производятся от механизированного привода, установленного на заднем конце шпинделя станка. Применение эксцентрикового устройства позволило в 30

раз сократить время на переустановку кулачков. После переустановки каждого кулачка 1 на требуемый диаметр кулачки растачиваются. Отсутствие винтов для крепления кулачков позволяет располагать зажимные поверхности ближе к переднему торцу корпуса, что уменьшает вылет заготовки, повышает жесткость ее крепления.

Патрон поводковый (рис.3.4) предназначен для зажима заготовок типа вал с диаметрами 17-67мм. В отверстие конусного хвостовика 4 установлены плавающий центр 9 и пружина 2, расположенная между резьбовыми втулками 1 и 5. В задний торец центра установлена штанга 3. Корпус 11 патрона имеет проточку под диск 10, в котором закреплены через 120° три пальца 6. На диске установлены также три пальца 7, на которых закрепляются сменные эксцентриковые кулачки 8 с зубчатыми поверхностями и поворотный кожух 12. Диск 10, поворачиваясь, увлекает за собой кулачки, которые пазами охватывают неподвижные пальцы 6 и, перемещаясь вместе с диском, поворачиваются относительно пальцев 7, в результате чего кулачки равномерно захватывают заготовку, передавая ей крутящий момент.

Раскрытие кулачков осуществляется поворотом кожуха против часовой стрелки и фиксируется подпружиненным фиксатором 13.

Поводковый патрон с эксцентриковыми кулачками служит для обработки валов диаметром 8-10 мм (рис.3.5). Заготовка базируется по центровым отверстиям подпружиненным центром 2 патрона и доводится торцом до торца корпуса 4 патрона вращающимся центром задней бабки станка. При дальнейшем перемещении пиноли корпус 4 перемещается в осевом направлении, сжимая пружину 5. При этом винтовой паз корпуса 4 взаимодействует с концом винта 7, установленным в корпусе 6, в результате чего корпус 4 поворачивается по часовой стрелке. В корпусе 4 выполнен кольцевой паз 3, в котором установлены сухари 10 с закрепленными на них осями 1.

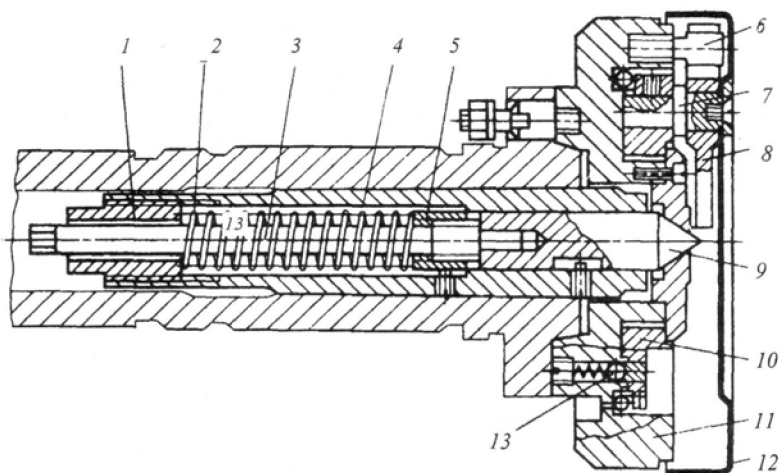


Рис 3.4 Патрон поводковый: 1,5 – втулки; 2 – пружина; 3 – штанга; 4 – хвостовик; 6,7 – пальцы; 8 – кулачок; 9 – центр; 10 – диск; 11 – корпус; 12 – кожух; 13 – фиксатор

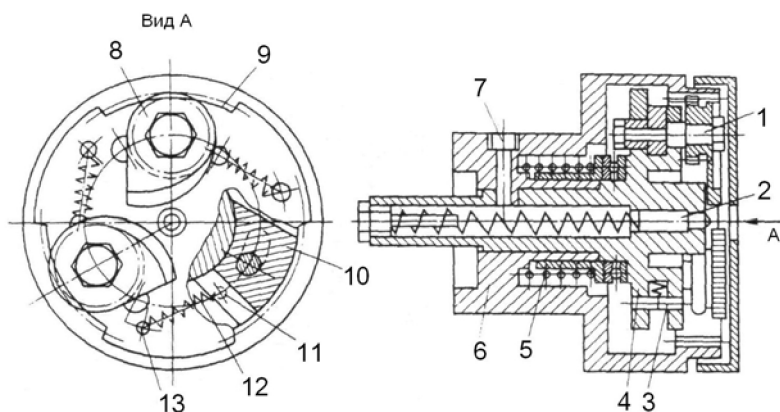


Рис 3.5 Патрон поводковый с эксцентриковыми кулачками:
1 – ось; 2 – центр; 3 – паз; 4, 6 – корпуса; 5, 12 – пружины; 7 – винт; 8 – кулачок;
9 – зубчатый сектор; 10 – сухарь; 11, 13 – штифты

При повороте корпуса 4 установленные на осях 1 кулачки 8 с зубчатыми колесами, зацепляющимися с зубчатыми секторами 9, выполненными на подвижном корпусе 6, поворачиваются против часовой стрелки до соприкосновения с заготовкой с усилием натяга, создаваемым пружинами 12, закрепленными на штифтах 11 и 13 в корпусе 4 и сухарях 10. При дальнейшем повороте корпуса 4 до упора в корпус 6 сухари 10 перемещаются в кольцевом пазу корпуса 4, растягивая пружины 12. при этом корпус 4 с кулачками 8, заготовка и защитный кожух перемещаются в осевом направлении.

Инерционный патрон с эксцентриковыми кулачками предназначен для передачи крутящего момента заготовкам типа валов, устанавливаемых в центрах (рис.3.6). Эксцентриковые кулачки 3 зафиксированы на осях 7 посредством штифтов и закреплены через шайбы 8 винтами 9. Оси запрессованы в корпус 5 и закреплены винтами. Рычаги 1 установлены на осях между корпусом и диском 6. К рычагам винтами 2 крепятся грузы. В рычагах по окружности выполнены пять отверстий под штифт 14, запрессованный в кулачок, что обеспечивает возможность установки кулачков в различных угловых положениях при наладке кулачков на различные диаметры.

Патроны двух типоразмеров позволяют обрабатывать заготовки диаметром 8-100мм. К штырям 12, установленным на рычаге и в корпусе, прикреплены пружины 13, которые разводят кулачки в исходное положение по окончании обработки заготовки.

На корпусе закреплен переходный фланец 4 с отверстием, соответствующим наружному посадочному размеру шпинделя станка. Патрон закреплен на шпинделе станка шпильками 10 и гайками 11. После включения станка под действием центробежной силы грузы расходятся и кулачки касаются заготовки. Под действием силы резания кулачки закрепляют заготовку.

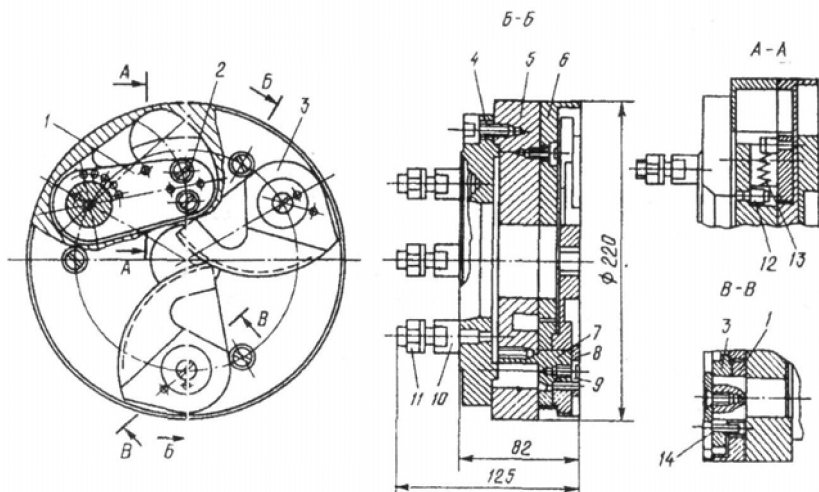


Рис 3.6 Инерционный патрон с эксцентриковыми кулачками:
 1 – рычаг; 2, 9 – винты; 3 – кулачок; 4 – фланец; 5 – корпус; 6 – диск; 7 – ось;
 8 – шайба; 10 – шпилька; 11 – гайка; 12 – штырь; 13 – пружина; 14 – штифт

3.1.2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К СТАНКАМ ФРЕЗЕРНО-СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

Все приспособления в основном можно разделить на следующие группы:

- универсально-безналадочные приспособления (УБП),
- универсально-наладочные приспособления (УНП),
- универсально-наладочные приспособления (УСП),
- сборно-разборные приспособления (СРП),
- универсально сборная переналаживаемая оснастка (УСПО)

Универсально-безналадочные приспособления (УБП). Универсально-безналадочные приспособления Характерным представителем УБП являются тиски пневматические поворотные с перустанавливаемой опорной губкой (рис.3.7) состоят из основания 11

и поворотного корпуса 10 со встроенным пневмоцилиндром 9. При повороте рукоятки 6 распределительного крана в положение зажима сжатый воздух поступает в штоковую полость пневмоцилиндра, в результате чего поршень 7 со штоком 8 опускается вниз, поворачивая по часовой стрелке рычаг 1. Рычаг перемещает подвижную губку 2 вправо, прижимая заготовку к неподвижной губке 3.

Быстрая переналадка опорной губки осуществляется поворотом рукоятки 5. При этом выступ планки 4 выходит из паза корпуса тисков. После этого губку перемещают в требуемое положение до тех пор, пока выступ планки 4 не войдет в соответствующий паз корпуса.

Универсально-наладочные приспособления (УНП). К УНП относятся тиски универсально-наладочные с пружинно-гидравлическим приводом (рис.3.8, а) состоят из корпуса с неподвижной губкой 3. В расточку корпуса установлен поршень 1. Пакет тарельчатых пружин 2 через буртик втулки 6 и упорный подшипник 7 перемещают влево посредством винта 5 подвижную губку 4, зажимающую заготовку.

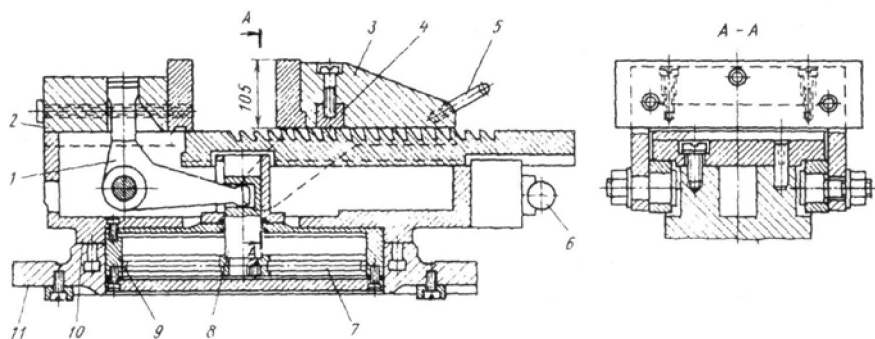


Рис 3.7 Тиски пневматические с переустанавливаемой губкой:

1 – рычаг; 2, 3 – губки; 4 – планка; 5, 6 – рукоятки; 7 – поршень; 8 – шток;
9 – пневмоцилиндр; 10 – корпус; 11 – основание

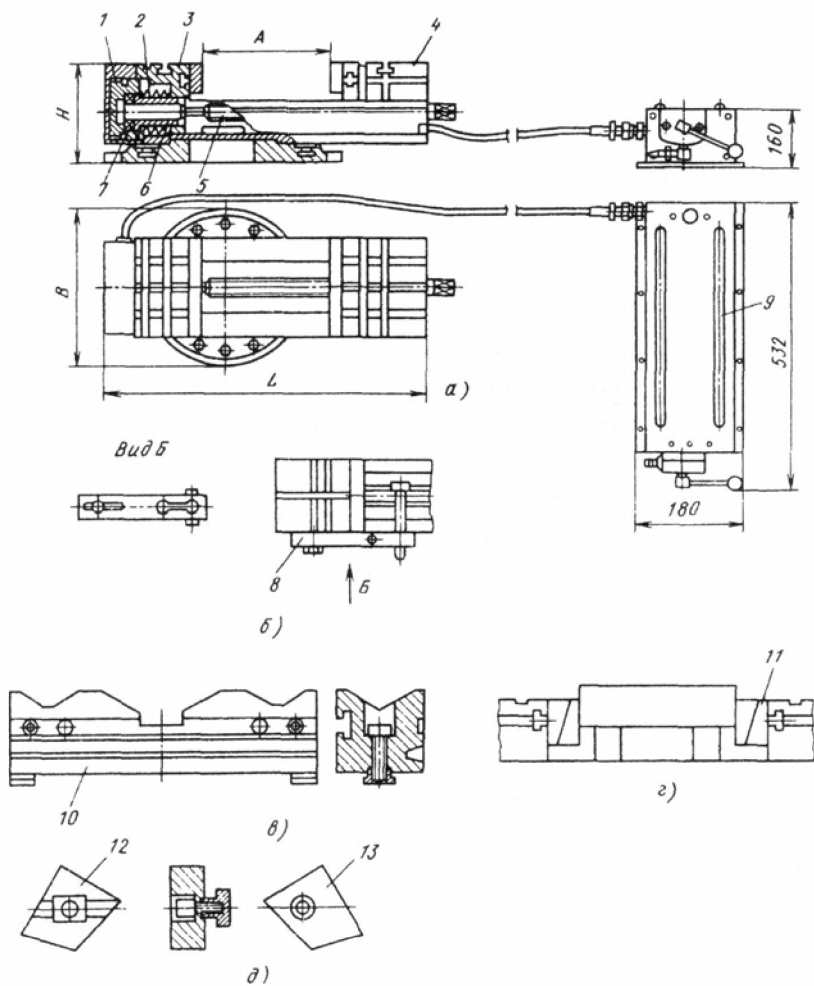


Рис 3.8 Универсально-наладочные тиски:

1 – поршень; 2 – пружины; 3, 4 – губки; 5 – винт; 6 – втулка; 7 – подшипник;
8 – упор; 9 – усилитель; 10 – призмы; 11 – клиновые губки; 12, 13 – угловые на-
ладки-кулачки

При раскреплении заготовки в гидроцилиндр поступает масло от источника давления. Под действием давления масла поршень 1 перемещается вправо, сжимая пакет тарельчатых пружин 2. При этом винт 5 перемещает губку 4 вправо, раскрепляя заготовку. Источником давления масла является пневмогидравлический усилитель 9, создающий давление масла 5-6 МПа при давлении воздуха 0,4-0,5 МПа. Тиски могут работать также от любой гидравлической станции.

На верхней и боковых поверхностях подвижной и неподвижной губок выполнена сетка Т-образных пазов, предназначенных для установки и закрепления сменных наладок как специальных, так и komponуемых из элементов универсально-сборных приспособлений. Для базирования заготовок по длине применяется упор 8 (рис.3.9, б), закрепленный на боковой поверхности тисков.

Для установки заготовок цилиндрической формы используются наладка-призмы 10 (рис.3.8, в). Для поджима заготовок вниз к направляющим корпуса применяются клиновые губки 11 (рис 3.8, г). Для установки заготовок под углом наклона плоскости 15, 30, 45 и 60° используются угловые наладки-кулачки 12 и 13 (рис.3.8, д).

Основой приспособлений является плита или угольник с сеткой координатно-фиксирующих и крепежных отверстий, предназначенных для базирования и закрепления устройств, обеспечивающих стабильность положения заготовок при их обработке. Эти устройства подразделяются на базирующие и зажимные.

В качестве базирующих устройств применяют упоры, призмы, губки тисков, кулачки патронов и др., в качестве зажимных устройств – губки, кулачки, прихваты и другие элементы, связанные со штоком приставного гидроцилиндра. Сменные наладки для установки конкретных заготовок фиксируются по точным пазам или отверстиям, выполненным на базовых поверхностях приспособлений.

Универсально-сборочные приспособления (УСП). В условиях частой смены обрабатываемых деталей при обработке на станке идентичных по способу закрепления заготовок из средств механизации и элементов УСП собирается групповое приспособление.

По конструктивным данным и назначению детали и сборочные единицы комплектов средств механизации делятся на шесть основных групп: базовые детали, гидравлические цилиндры, опорные прижимные и установочные элементы, гидропривод и арматура.

Группа базовых деталей включает прямоугольные плиты, захваты, прижимы, подвижные и неподвижные губки, гидравлические блоки.

К опорным элементам относятся корпуса, подкладки, опоры прямоугольные и регулируемые, планки. Они служат для базирования заготовок, установки и закрепления гидроцилиндров.

В качестве прижимных и установочных деталей используют клиновые и эксцентриковые прижимы, угольники, переходные шпонки, вкладыши, упоры.

Гидропривод и арматура обеспечивают рабочее давление в гидравлических устройствах собранных приспособлений. Они включают пневмогидропреобразователь, гидроусилитель, резино-металлические рукава, штуцера.

Сборно-разборные приспособления (СРП). Детали и сборочные единицы системы СРП-ЧПУ представляют собой набор элементов, из которых можно компоновать различные специальные приспособления. Переналадка приспособлений обеспечивается переконфигурацией, регулированием или сменой специальных наладок. В комплект входят базовые сборочные единицы, прижимы, установочно-опорные элементы и крепежные детали.

В группе базовых имеются прямоугольные и круглые плиты, угольники, делительные стойки, тисочные губки, регулируемые призмы. В группе прижимов находятся прижимы с ручным и гидравлическим приводами, боковые зажимы. В группе установочно-

опорных элементов можно назвать боковые опоры, подводимые опоры. Среди крепежных деталей выделяют прихваты, планки, болты, шпильки, гайки. Пример выполнения сборно-разборного приспособления приведен на рис.3.9.

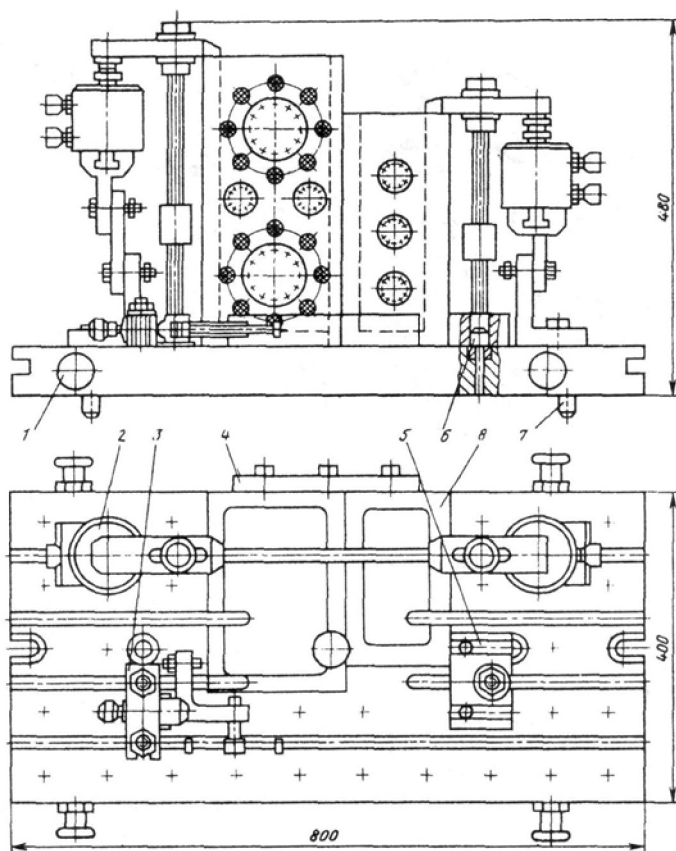


Рис 3.9 Сборно-разборное приспособление для установки заготовок деталей типа корпуса при растачивании отверстий:

1 – плита; 2, 3 – прижимы; 4, 5 – планки; 6, 7 – пальцы базирующие; 8 – заготовка

Универсально-сборная и переналаживаемая оснастка (УСПО). Основой комплекса УСПО являются детали и сборочные единицы различных конструкций, имеющие конкретное функциональное назначение, из которых методом агрегатирования можно компоновать без пригонки приспособления для выполнения любых операций. В отличие от системы УСП вместо шпоночного соединения элементов приняты беззазорные способы (штифтовой или шариковый) базирования элементов.

Зазоры в соединении выбираются в результате разжима разрезных втулок или сжатия разрезных шариков. При штифтовом способе два элемента, имеющие глухие цилиндрические отверстия, фиксируются на два сборных штифта (рис.3.10). Каждый штифт состоит из пальца 1 с двумя коническими поверхностями, двух разрезных втулок 2 и двух эластичных шайб. При сборке соединения под действием силы, создаваемой болтом или шпилькой, опора 3 прижимается к плите 4. При этом доньшки отверстий давят через шайбы на втулки, которые, перемещаясь по пальцу, увеличиваются в диаметре, выбирая зазор Δ , и создают натяг в соединении.

Вследствие отсутствия Т-образных пазов, ослабляющих конструкции, высота базовых конструкций уменьшена. Повышение жесткости элементов за счет отсутствия пазов, ликвидации зазоров и увеличения диаметров крепежных болтов позволяет увеличивать скорость резания в 1,7 раза по сравнению с УСП. Расстояния между осями любой пары установочных отверстий выполняются с допуском $\pm 0,02$ мм.

По функциональному назначению элементы комплекса УСПО подразделяются на следующие группы: базовые, корпусные, установочные, направляющие, зажимные, крепежные, средства механизации зажима заготовок, разные.

Гидроплита УСПО предназначена для сборки компоновок механизированных приспособлений для обработки разнообразных групп деталей. На верхней плоскости плиты выполнена сетка коор-

динатно-фиксирующих и резьбовых отверстий, предназначенных для установки и закрепления сменных наладок или установочных и зажимных единиц комплекта УСПО. В центре плиты выполнено отверстие, к которому привязана сетка координатно-фиксирующих отверстий. В корпусе плиты встроены гидроцилиндры.

К средствам механизации относятся: пневмогидравлические преобразователи давления; гидроблоки; приставные гидроблоки с одним или двумя цилиндрами; гаммы гидроцилиндров одностороннего и двустороннего действия; гидроприхваты различных видов; стойки гидроцилиндров.

Отличие средств механизации УСПО от средств механизации УСПМ-ЧПУ состоит в том, что все гидравлические устройства рассчитаны на рабочее давление 20МПа вместо 10МПа, а вместо Т- и П-образных пазов гидроблоков нанесена сетка базирующих и крепежных отверстий.

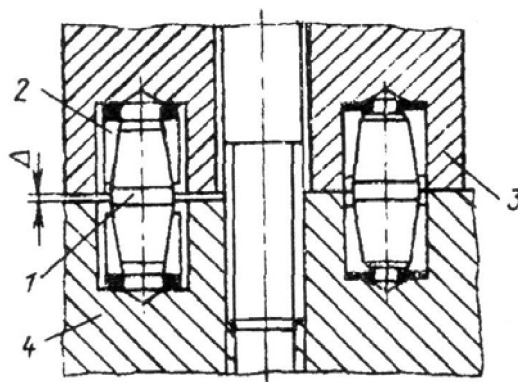


Рис 3.10 Безззорный штифтовой способ соединения элементов:

1 – палец; 2 – разрезная втулка; 3 – опора; 4 – плита

3.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ.

Эффективность работы станков с ЧПУ в значительной степени зависит от технического уровня вспомогательного инструмента (ВИ). Применение совершенных конструкций ВИ позволяет повысить производительность обработки и сократить простой станка. Повышение производительности достигается путем применения точных, прочных и жестких ВИ, обеспечивающих надежное и быстрое закрепление режущих инструментов, что позволяет вести обработку на наиболее выгодных режимах резания, а также применять многоинструментальную обработку. Для сокращения времени на замену инструментов используют блоки, состоящие из ВИ с закрепленным в них режущим инструментом, заранее настроенным на заданный размер. Блоки сравнительно быстро устанавливаются на револьверной головке, суппорте или в инструментальных магазинах станка.

Хвостовики ВИ имеют размеры и форму для конкретного станка, а передняя зажимная часть – для режущего инструмента со стандартной присоединительной поверхностью (призматической, конусной, цилиндрической). Конструкции ВИ обеспечивают захват и автоматическую смену инструмента, компоновку инструментальных блоков для различных групп станков с учетом степени их автоматизации.

3.2.1. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ.

Режущий инструмент у станков токарной группы с ЧПУ базируется и крепится или в резцедержателях суппортов, или в револьверных головках непосредственно, или с использованием переходных элементов (вспомогательного инструмента). При этом режущий инструмент может быть заранее настроен на определенные размеры с помощью специальных винтов в торце и сбоку

(рис. 3.11 а, б). Это позволяет располагать вершину резца P в заданной точке управляющей программы (УП) относительно базовой точки F элемента станка (рис. 3.11 в, г). Положение базовых поверхностей A_x и A_z под инструмент (рис. 3.11 б) относительно базовой точки F станка заранее известно, т.е. известны размеры ZFN и XFN .

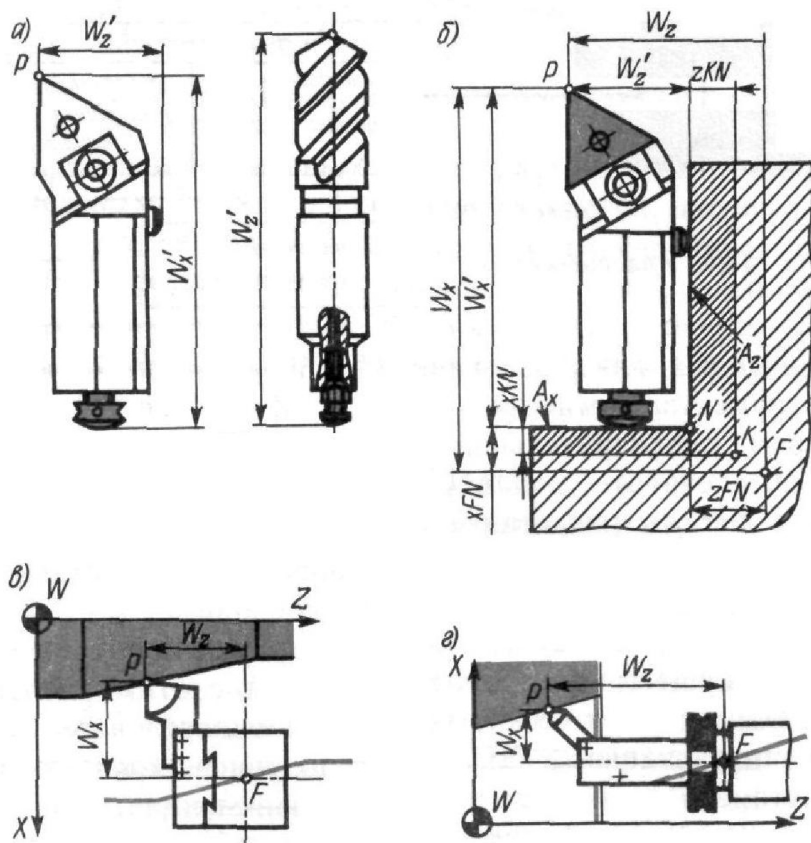


Рис 3.11 Наладка режущего инструмента:

а - инструмент с регулировочными элементами; б – установка резца в гнездо суппорта; в,г – положение вершины P резца относительно базовой точки F

Конструкции быстросменных державок с цилиндрическими хвостовиками, устанавливаемых на револьверных головках, показаны на (рис. 3.16, 3.17). Державка (рис. 3.16) обеспечивает легкую и быструю настройку инструмента вне станка по размеру и угловому расположению резца с помощью разрезного кольца с фиксирующим пальцем 2. Кольцо, установленное на хвостовике державки 1, базируется в гнезде револьверной головки с упором в торце разрезного кольца 6, а палец 2 входит в торцевой паз корпуса го-

ловки, обеспечивая угловое положение резца. Хвостовик закрепляется плунжером 5 при ввинчивании винта 3 в гайку 4.

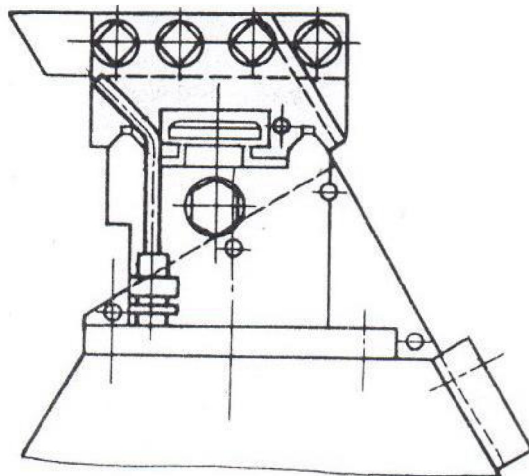


Рис 3.13 Схема установки резца по двум опорным призмам

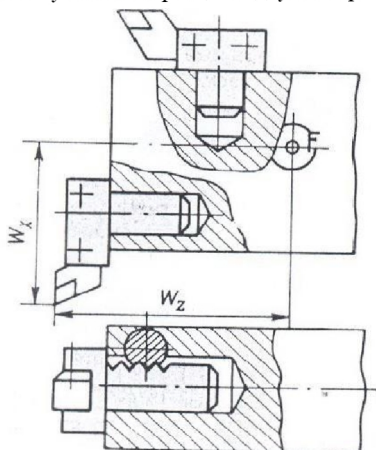


Рис 3.14 Установка режущего инструмента в резцедержателях с рифленным цилиндрическим хвостовиком

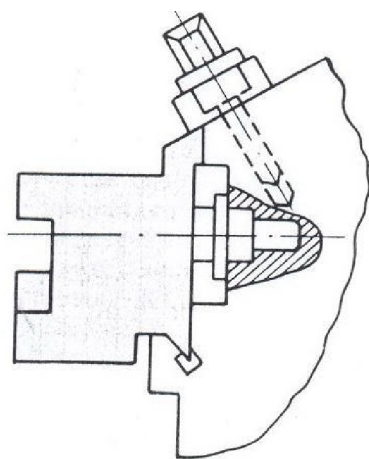


Рис 3.15 Резцедержатель с базирующей призмой

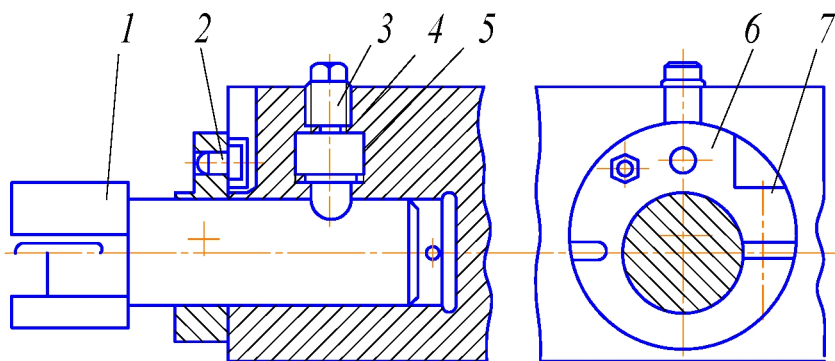


Рис 3.16 Быстросменная державка:

1 – корпус; 2 – палец; 3, 7 – винты; 4 – гайка; 5 – плунжер; 6 – кольцо

Державка 1 (рис 3.17) на цилиндрическом хвостовике, имеющая лыску с рифлениями, устанавливается во втулку 4 револьверной головки. Закрепление державки выполняется винтом 2, воздей-

ствующим на плунжер 3. При этом рифления плунжера жестко закрепляют державку в радиальном и осевом направлениях. Угловая фиксация выполняется штифтом 5, запрессованным в головку и входящим в отверстие державки. Такие державки обеспечивают высокую точность настройки резца вне станка, надежное закрепление державки и резца, легкую и быструю замену инструмента.

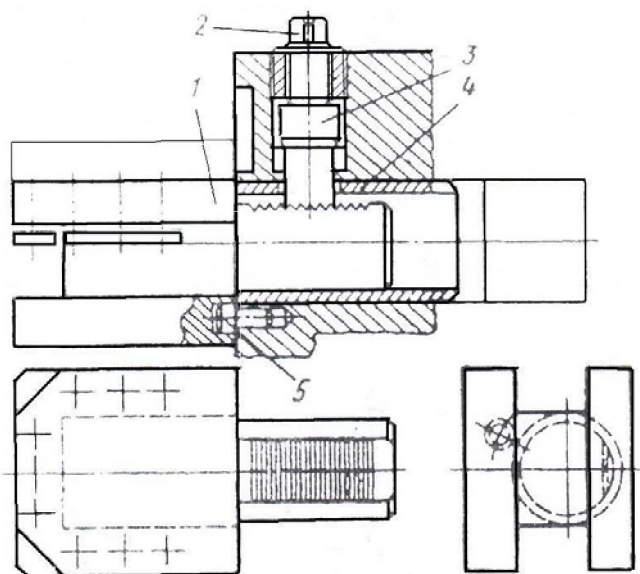


Рис 3.17 Державка с рифлениями на цилиндрическом хвостовике:

1 – корпус; 2 – винт; 3 – плунжер; 4 – втулка; 5 – штифт

3.2.2. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ.

На этих станках обработку заготовок осуществляют вращающимися режущими инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, метчиками, фрезами, расточными оправками и др.). Связь ВИ со шпинделем станка обычно выполняется с помощью переходных

оправок и патронов, которые имеют конусные хвостовики с конусностью 7:24, соответствующей размерам отверстия в шпинделе станка. Переходные ВИ с конусными хвостовиками применяются на станках как с автоматической, так и с ручной сменой инструмента. При автоматической смене инструмента в конструкциях переходных оправок и патронов предусматриваются специальные места для захвата инструмента манипулятором.

В настоящее время широко применяют системы унифицированной оснастки, представляющие собой набор унифицированных вспомогательных и режущих инструментов, который позволяет создавать комплект оснастки для качественной обработки поверхностей заготовки и лучше реализовать возможности станков с ЧПУ. Системы ВИ позволяют создавать блоки (комбинации вспомогательного и режущего инструмента), каждый из которых служит для выполнения конкретного технологического перехода.

К системе ВИ предъявляются следующие требования: минимальная номенклатура и стоимость; высокая точность, жесткость и виброустойчивость закрепления режущего инструмента с учетом интенсивных режимов работы и выполнения отверстий без направляющих кондукторных втулок для сверл и других режущих инструментов; возможность регулирования длины режущего инструмента и быстрой его смены; удобство настройки режущего инструмента на заданный размер.

Системы с ручной сменой инструмента. Классификация инструментальных систем для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента показана на рис. 3.18. В основе классификации лежит конструкция базового быстросменного патрона, определяющая вид хвостовика сменного вспомогательного и режущего инструмента. Так, для сверлильных станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента и гнездом шпинделя в виде конуса Морзе используют систему на базе быстросменного патрона с шариковым захватом (рис. 3.19).

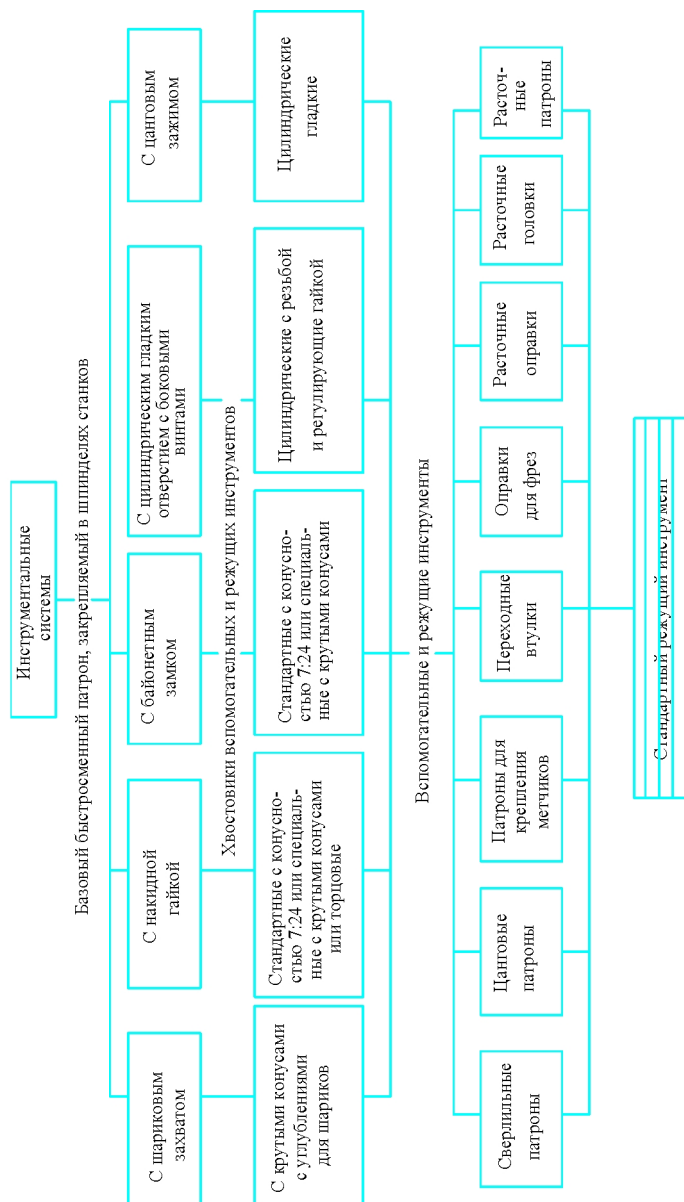


Рис 3.18 Классификация инструментальных систем для станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента

К такому патрону прилагается комплект вставок 3 – 9 с одинаковыми хвостовиками (под гнездо патрона), в которых закрепляется различный режущий инструмент. К одной из вставок (поз. 7) придаётся комплект переходных втулок 8, позволяющих, если надо, регулировать вылет закрепляемого инструмента. Через втулки 10 крепят метчики.

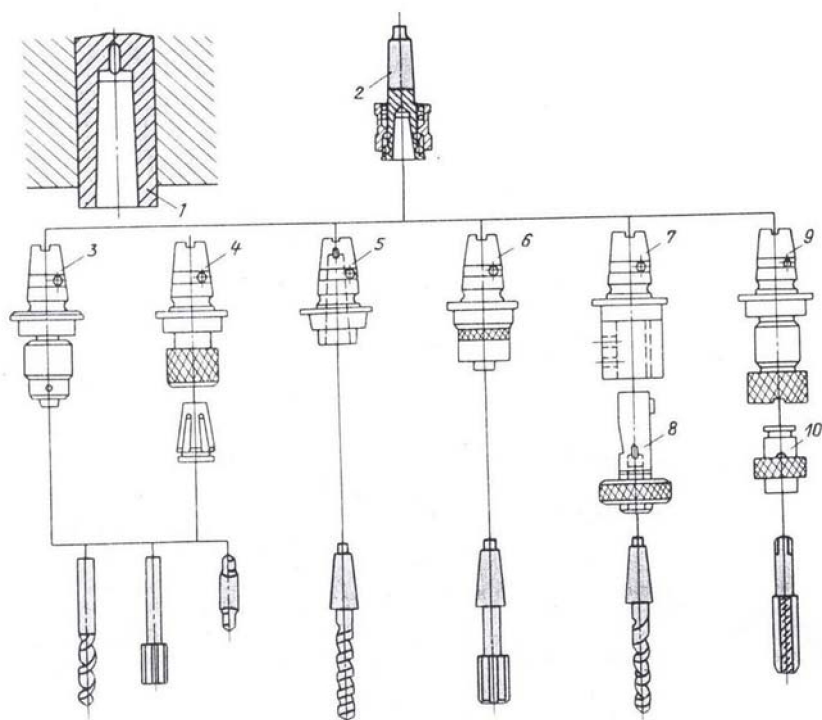


Рис 3.19 Инструментальная быстросменная система для сверлильных станков с ЧПУ: 1 – шпиндель станка; 2 – быстросменный патрон (базовый) с шариковым захватом; 3 – сверлильный патрон; 4 – цанговый патрон; 5 – вставка с внутренними конусами Морзе; 6 – плавающий патрон для разверток; 7 – вставка с цилиндрическим отверстием и пазом под шпонку; 8 – регулируемая цилиндрическая втулка; 9 – патрон для метчиков; 10 – быстросменная вставка

В разных системах конструкции базовых быстросменных патронов различны. Так, в системе ВИ для расточных станков с ЧПУ с ручной сменой инструмента базовый быстросменный патрон (с хвостовиком под конус Морзе) имеет гнездо под хвостовики с конусностью 7:24, что позволяет крепить различные патроны и оправки, в том числе и для фрез. Оправки в базовом патроне крепятся гайкой.

Системы вспомогательного инструмента для многоступенчатых многоцелевых станков. Такие системы имеют общий принцип построения. К каждой системе прилагается набор основных (базовых) оправок с соответствующим хвостовиком: или с конусностью 7:24, или с размерами (по ИСО) 30, 40, 45 60.

Принцип комплектования инструментального набора состоит в том, что в каждый из наборов, кроме основных оправок, закрепляемых в шпинделе станка, входят различные переходные оправки, переходные втулки и патроны для закрепления режущего инструмента: переходные втулки с посадочным отверстием в виде конуса Морзе, в которых концевой режущий инструмент дополнительно крепится винтом, цанговые патроны, расточные головки с тонкой регулировкой на размер, оправки и патроны для закрепления фрез и др.

Базовые оправки, входящие в набор, обычно имеют два конструктивных исполнения. Один вид оправок предназначен для непосредственного крепления режущего инструмента. В этом случае инструмент крепят известными способами. Так, дисковую фрезу ДФ (рис 3.20), устанавливаемую по цилиндрической посадочной шейке оправки 4 со шпонкой, крепят винтом 1 с использованием шайб 2 и 3. Второй вид базовых оправок БО предназначен для установки инструмента с помощью различных переходных элементов, например переходных оправок 8, которые имеют одинаковый хвостовик (цилиндрический со шпонкой на рис. 3.21). В гнезде базовой оправки переходные оправки крепят винтом 6. Эти переход-

ные оправки могут быть предназначены для непосредственного закрепления инструмента РИ (например расточных резцов, сверл), или служить основой для закрепления следующего уровня вспомогательной оснастки. Таким может быть, например, набор цанговых патронов 9 для сверл с цилиндрическим хвостовиком.

При наладке станка базовые оправки устанавливают в базовом отверстии основного шпинделя Ш (или в шпинделях револьверной головки), обеспечивая при этом совмещение вырезов на фланце оправки со шпонками 5 на торце шпинделя для передачи крутящего момента.

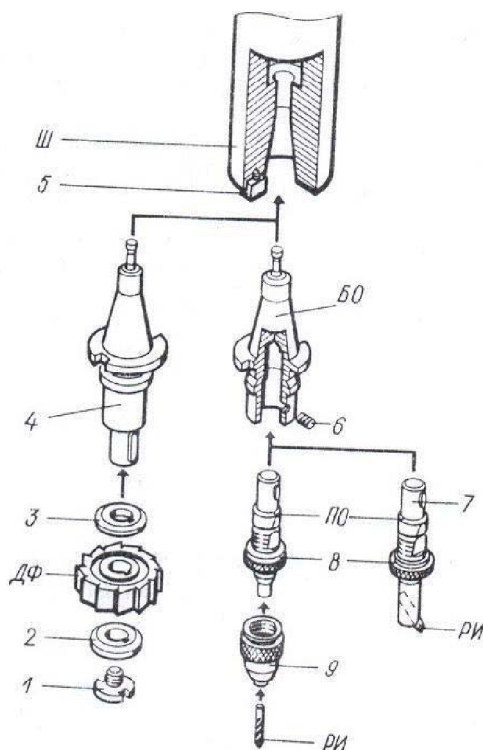


Рис 3.20 Схема комплектования инструментального набора

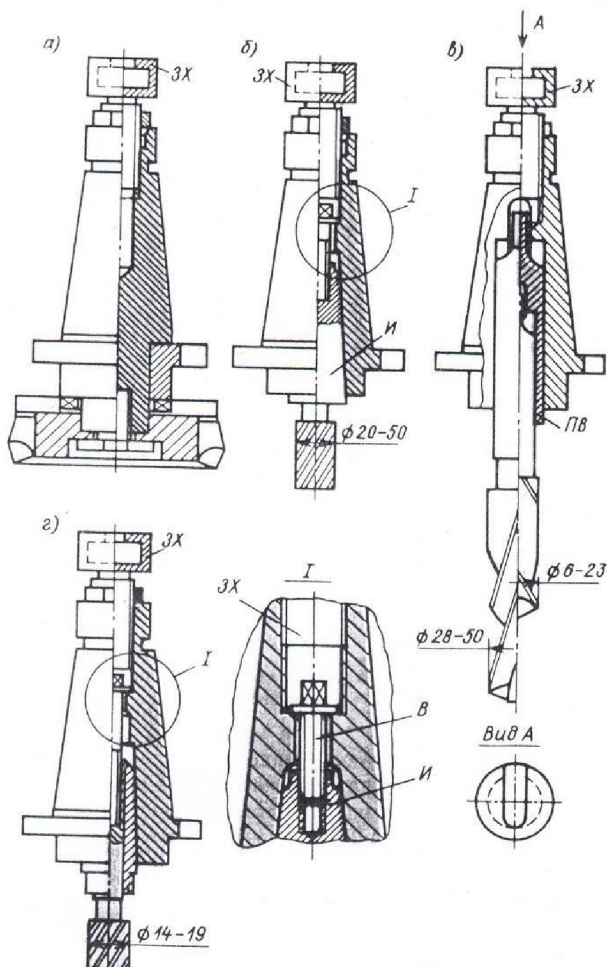


Рис 3.21 Базовые оправки для непосредственного крепления инструмента

Конструкции базовых оправок для непосредственного крепления инструмента показаны на рис 3.21. Инструмент может устанавливаться или непосредственно (рис. 3.21, а, б), или с использованием переходных втулок (рис. 3.21, в, г), если посадочное гнездо оправки не соответствует размеру хвостовика инструмента. Так, в

одной и той же базовой оправке (рис. 3.21, в) с коническим отверстием (конус Морзе) непосредственно устанавливаются сверла диаметром 28 – 50 мм, а сверла диаметром 6 – 23 мм – через переходную втулку **ПВ**. Концевые фрезы (инструмент **И**) крепят в базовых оправках (рис. 3.21, б, г) с использованием винтов **В**. В торце каждой оправки закреплен захват **ЗХ** для крепления оправки в гнезде шпинделя станка специальной тягой.

Конструкции базовых оправок с переходными элементами могут иметь устройства для регулирования вылета режущего инструмента. Например (рис. 3.22), переходная втулка 3, в которой размещено сверло 7, установлена в отверстии базовой оправки 1. Вылет инструмента регулируется вращением регулировочной гайки 5 по наружной трапецеидальной резьбе втулки 3. При этом происходит осевое смещение втулки с инструментом, так как втулка от поворота удерживается шпонкой 2. После достижения требуемого вылета гайка 5 фиксируется стопорным винтом 6, под который уложена мягкая прокладка, а сама втулка 3 крепится в корпусе оправки 1 винтами 4.

Следует отметить, что наиболее простое крепление базовых оправок в шпинделе станка – винтовым шомполом – характерно для станков общего назначения. В шпинделях станков с ЧПУ, как правило, встроены полуавтоматические или автоматические устройства для крепления инструмента, имеющие специальные захваты. Поэтому, в зависимости от конструктивного решения шпиндельного устройства станка, базовые оправки в каждом комплекте должны иметь соответствующие этому устройству элементы захвата. Чаще в хвостовик инструментальной оправки (рис. 3.23, а) ввертывают штырь-захват **ЗХ** с заплечиками. За этот штырь оправку захватывает специальный шомпол, который затягивает её в гнездо шпинделя и закрепляет там. Для некоторых станков элементом захвата является непосредственно внутренняя поверхность оправки,

выполняемая со стороны заднего торца в виде выточки с овальным входом (рис. 3.23, б).

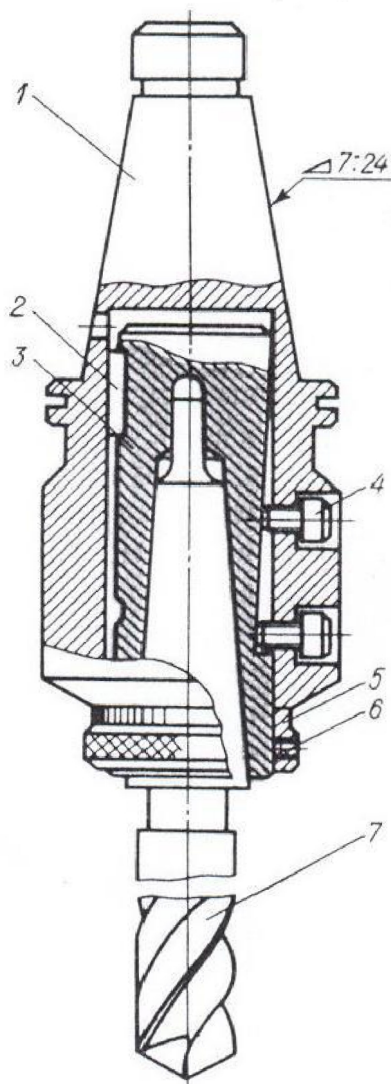


Рис 3.22 Базовая оправка с переходной втулкой

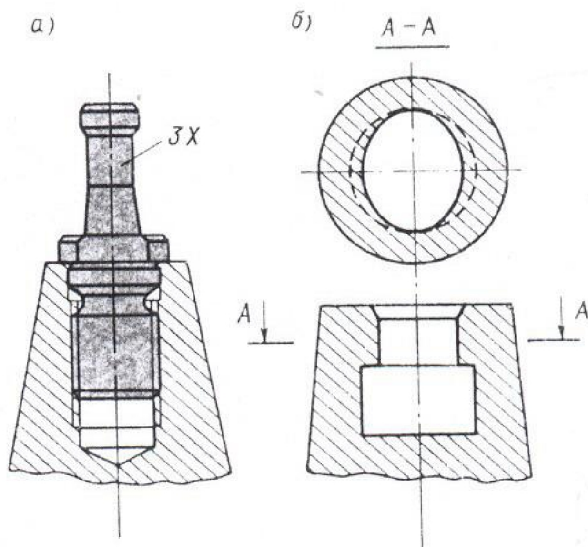


Рис 3.23 Поверхности захвата базовых оправок

Необходимая жесткость соединения ВИ со шпинделем достигается высокой силой закрепления (затяжки) оправки, которая для отдельных станков достигает 12 -14 кН.

Вспомогательный инструмент для станков с автоматической сменой инструмента (АСИ). На станках с ЧПУ, оснащенных системами АСИ, используют тот же режущий инструмент, что и на других станках с ЧПУ, но входящие в комплексы ВИ оправки отличаются определенными конструктивными особенностями. Эти оправки (рис. 3.24, а, б) имеют поверхности: 2 – для базирования в шпинделе станка; 4 – для установки и закрепления режущих и вспомогательных инструментов; 3 – контактирующие с захватами автоматической руки; 1 – для установки захвата 5. В некоторых случаях имеются также поверхности для установки элементов 6, кодирующих инструмент. Для захвата базовой оправки механической рукой служат конические поверхности с углом конуса 60° ,

выполненные в виде кольцевой выточки на фланце оправки. Также на фланце прорезают два паза для соединения с торцевыми шпонками шпинделя (В). Коническая поверхность хвостовика с конусностью 7:24 и кольцевая канавка под захват автоматической рукой должны иметь твердость HRC_{52-56} .

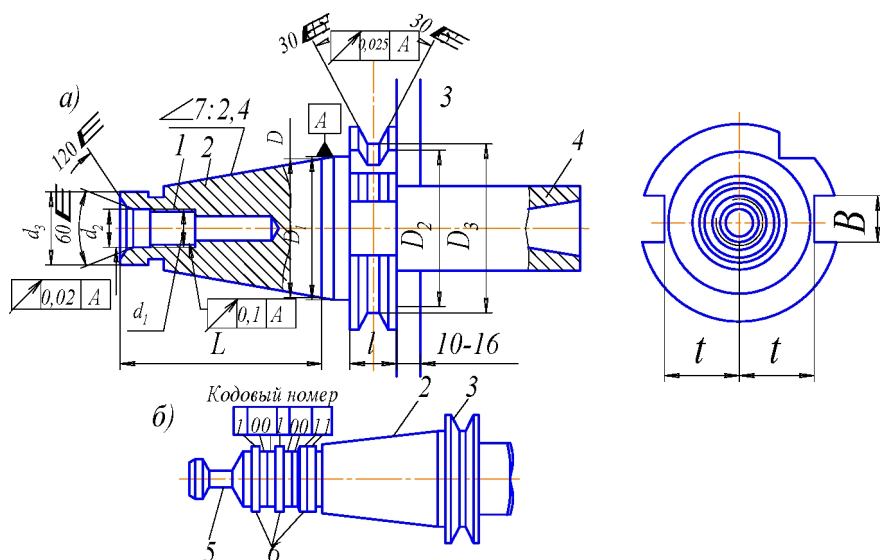


Рис 3.24 Базовые оправки для станков с ЧПУ с системой АСИ

Обычно каждый станок с ЧПУ и системой АСИ оснащен комплектом ВИ, размещаемым в магазине.

Для групп многоцелевых станков, работающих в условиях автоматизированного производства и входящих в состав технологических модулей (автоматизированных станочных комплексов), разработаны и эксплуатируются типовые наборы технологической оснастки, включающей режущий инструмент, ВИ и приспособления. Такие наборы предполагают использование единых конструкций и типоразмеров составляющих эти наборы элементов технологиче-

ской оснастки в пределах не одного станка, а целой группы станков, составляющих автоматизированный участок, т.е. автоматизированный станочный комплекс.

Гибкая модульная система вспомогательного инструмента.

Такая система составляет единое целое с соответствующим модульным комплексом режущего инструмента. Различные оправки и вспомогательные блоки системы имеют единый вид узла крепления резцовых блоков.

Конструкции оправок позволяют быстро заменять блоки. В одной из них (рис. 3.25) блок 1 открепляется после воздействия штока гидросистемы (на рисунке не показана) на торец винта 7, соединенного с валом 8. Вал с винтом, смещаясь, через фланцевую втулку 6 сжимает тарельчатые пружины 5 и одновременно проворачивает серьгу 9 с фигурной тягой 2. Ось 3 серьги закреплена в корпусе 4 оправки. После того как блок 1 фигурным отверстием будет установлен на конце фигурной тяги 2, снимается давление гидросистемы на торец винта 7. Тарельчатые пружины, смещая вал 8 (с винтом 7), обеспечивают поворот серьги 9, а следовательно, смещение фигурной тяги 2 и жесткое крепление блока к оправке. Такая система смены инструментальных блоков легко автоматизируется. Например, резцовые блоки могут быть размещены в определенном порядке в цилиндрическом магазине 1 (рис. 3.26). По команде системы управления робот захватом 2 берёт блок револьверной головки 4 (блок предварительно раскрепляется). Естественно, что положение револьверной головки должно быть в это время таким, чтобы заменяемый блок находился в горизонтальной позиции, т.е. в позиции замены. Одновременно захват 2 робота захватывает требуемый блок в магазине, который заранее поворачивается в нужную позицию, например, в такую, где размещен запас резцовых расточных блоков. Затем робот приносит отработанный блок в магазин. Новый блок устанавливается в гнезде оправки револьверной головки и закрепляется около бабки 3.

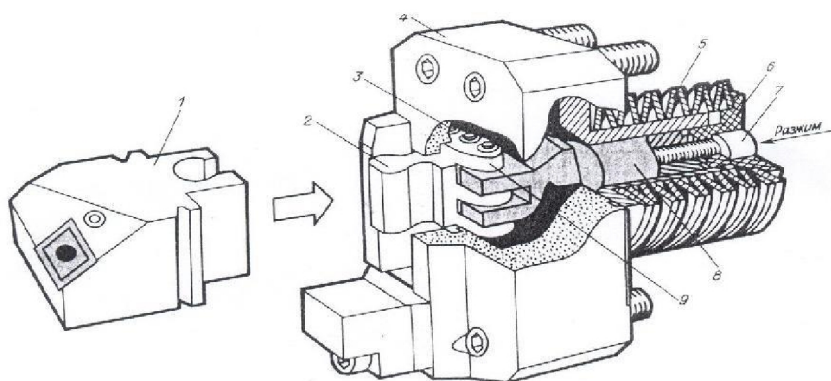


Рис 3.25 Схема вспомогательного блока для крепления модульного режущего инструмента: 1 – блок; 2 – тяга; 3 – ось; 4 – корпус; 5 – пружины; 6 – втулка; 7 – винт; 8 – вал; 9 – серьга

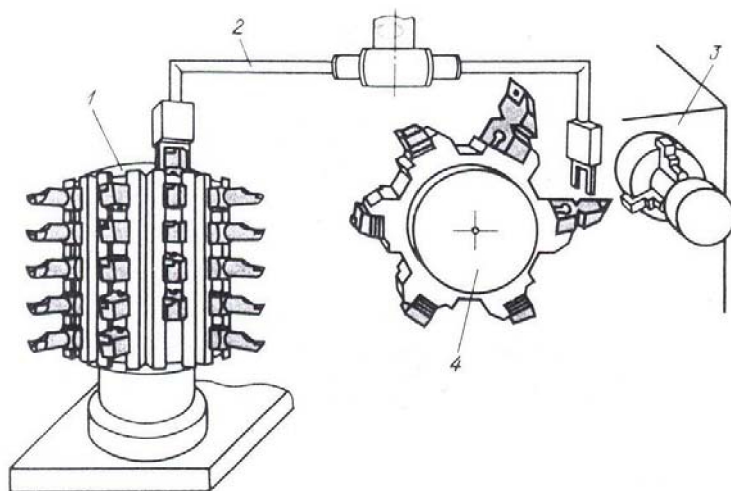


Рис 3.26 Схема автоматической замены модульного режущего инструмента с помощью промышленного побоя: 1 – магазин; 2 – механическая рука; 3 – передняя бабка; 4 – револьверная головка

Последовательно поворачивая револьверную головку, можно заменить все её блоки.

4 ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Успешное выполнение технологических операций механической обработки на станках с ЧПУ в большей степени, чем на универсальных станках с ручной настройкой, зависит от качества инструмента и его державки. При обработке на обычных станках достигаемая точность в значительной степени определяется приспособлениями, содержащими точно выставленные втулки и другие направляющие устройства, увеличивающие точность позиционирования инструмента по отношению к обрабатываемой заготовке, пробными рабочими ходами при ручной выставке инструмента и т.п. На станках с ЧПУ рабочий орган станка может обеспечить высокую точность положения, однако погрешность инструмента, например увод сверла, может свести ее на нет. Эти особенности необходимо учитывать при разработке технологического процесса обработки на станках с ЧПУ.

Режущий инструмент является составной частью комплексной автоматизированной системы станка с ЧПУ, обеспечивающей его эффективную эксплуатацию. От выбора и подготовки инструмента зависят производительность станка и точность обработки. Для обеспечения автоматического цикла работы требуется высокая надежность инструмента.

Режущий инструмент для станков с ЧПУ должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обладать стабильными режущими свойствами;
- 2) удовлетворительно формировать и отводить стружку;
- 3) обеспечивать заданную точность обработки;

- 4) обладать универсальностью, чтобы его можно было применять для обработки типовых поверхностей различных деталей на разных моделях станков;
- 5) быть быстросменным при переналадке на другую обрабатываемую деталь и при замене затупившегося инструмента;
- 6) обеспечивать возможность предварительной наладки на размер вне станка.

Указанные требования не позволяют в ряде случаев использовать на станках с ЧПУ режущий инструмент, применяемый на станках общего назначения.

В настоящее время для использования на станках с ЧПУ выделена особая группа режущего инструмента. При обработке деталей на станках с ЧПУ используются резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики, фрезы и др.

4.1 ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

В качестве материалов для изготовления режущей части токарных резцов используют в основном твердые сплавы, керамику, сверхтвердые синтетические материалы и быстрорежущие сплавы.

В настоящее время на станках с ЧПУ можно выполнять самые разнообразные операции. Комплект резцов для этих станков должен обеспечивать обработку поверхностей, наиболее часто встречающихся в машиностроении, и обычно включает в себя (рис.4.1):

1 – резцы проходные отогнутые правые с $\varphi=45^{\circ}$ для патронной обработки деталей типа фланцев, которые обеспечивают наружную обточку, проточку торцов, проточку выточек, снятие фасок;

2 – резцы контурные с параллелограммными пластинами с $\varphi=93 \div 95^{\circ}$, которые позволяют производить обточку деталей по цилиндру и конусу, протачивать обратный конус с углом спада до 30° , обрабатывать радиусные поверхности, галтели и протачивать торцы движением от центра детали к наружному диаметру. Этими

резцами можно протачивать канавки для выхода шлифовального круга;

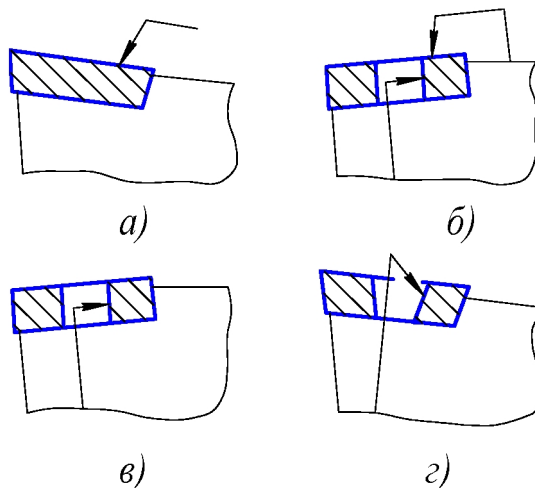


Рис 4.1 Типы механического крепления СМП

3 – резцы контурные с параллелограммными пластинами с $\varphi=63^\circ$, которые позволяют производить обработку полусферических поверхностей и конусов с углом спада до 57° ;

4 – резцы резьбовые с ромбическими пластинами, закрепленными сверху при помощи прихвата. Резцы позволяют нарезать резьбы от 2 до 6 мм. Угол профиля резьбы обеспечивается формой пластины;

5 – резцы резьбовые для нарезания внутренних резьб. Позволяют нарезать резьбы с шагом до 2 мм с близким подходом к торцу. Точность профиля резьбы обеспечивается заточкой пластин. Наименьший диаметр отверстия, в котором можно нарезать резьбу 35 мм;

6 – резцы с ромбическими пластинами с $\varphi=95^\circ$ для растачивания сквозных отверстий;

7 – резцы расточные с $\varphi=92^0$, позволяющие растачивать отверстия диаметром от 22 мм и более;

8 – резцы проходные с $\varphi=45^0$ и квадратными пластинами, левые для наружной обточки, проточки торцов деталей, проточки выточек, снятия фасок.

9 – резцы для проточки наружных прямых канавок шириной от 1 до 6 мм с глубиной, равной ширине;

10 – резцы контурные с пластиной трехгранной правильной формы с $\varphi=93^0$, которые позволяют протачивать цилиндрические и фасонные поверхности;

11 – резцы контурные с пластиной трехгранной формы с $\varphi=63^0$;

12 – резцовые резцы для нарезания наружных резьб с шагом до 2 мм. Профиль вершины резца обеспечивается заточкой пластин под углом, равным углу профиля резьбы;

13 – резцы проходные упорные с трехгранной пластиной неправильной формы с $\varphi=92\div95^0$, которые позволяют протачивать ступенчатые поверхности, фаски, торцы движением от наружного диаметра к центру детали.

4.1.1 СПОСОБЫ КРЕПЛЕНИЯ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН У РЕЗЦОВ

Как видно из рис.4.1, большинство резцов оснащены сменными многогранными пластинами (СМП). Для надежного закрепления пластин разработаны различные способы их крепления, позволяющие обеспечить хорошее дробление и отвод стружки, высокую точность позиционирования и их быстросменность. За базовые приняты четыре конструкторских решения (см. рис.4.2) по типу «С», «М», «Р» и «S».

СМП без отверстия закрепляют по типу «С» (рис.4.3). При таком методе закрепления СМП базируют в закрытом гнезде державки 1 по двум базовым поверхностям и сверху прижимают к опорной поверхности прихватом 2. Быстрый съем СМП обеспечивается

винтом 3. Опорную пластину 4 закрепляют винтом 5 на державке резца или разрезной пружинящей втулкой.

Тип крепления «С», в свою очередь, имеет два исполнения: «С₁» – для режущих пластин с задним углом, «С₃» – без заднего угла.

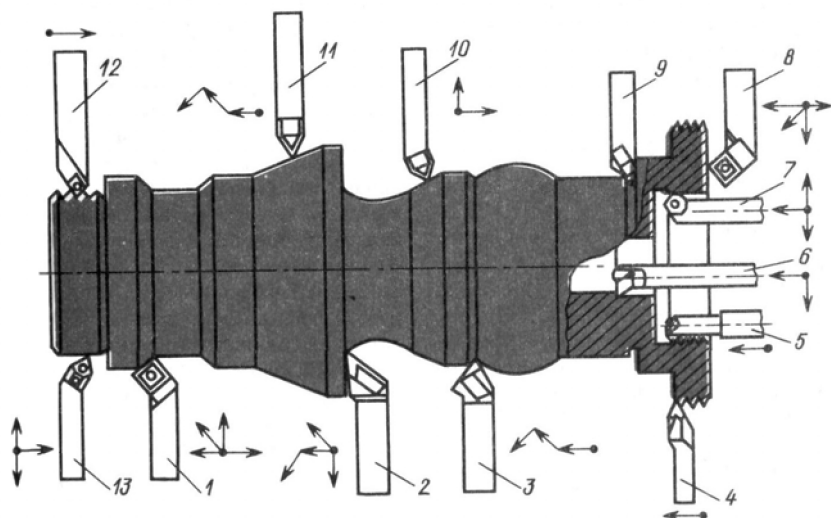


Рис 4.2 Схема обработки основных типовых поверхностей токарными резцами со сменными многогранными пластинами

На передней поверхности СМП с задним углом выполнены стружколомающие канавки для дробления и отвода сливной стружки. При использовании СМП без заднего угла применяют накладные стружколомы, которые закрепляют с помощью прихвата и винта. В резцах с закреплением по типу «С» используют квадратные, трехгранные и ромбические пластины.

СМП с центральным цилиндрическим отверстием крепят по типу «Р» и «М», а с фасонным (тороидным) отверстием по типу «S».

Крепление пластины по типу «Р» показано на рис.4.4. СМП базируется в закрытом гнезде державки 1, а рычаг 2, приводимый в действие винтом 3, подтягивает ее к двум боковым стенкам гнезда и прижимает к опоре. Опорную пластину 4 закрепляют разрезной втулкой 5. Данная конструкция позволяет быстро и точно повернуть или заменить СМП, а затем надежно закрепить ее.

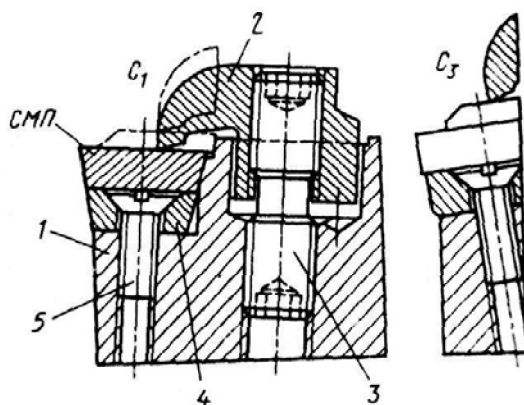


Рис 4.3 Крепление пластины прихватом и винтом с разнонаправленной резьбой (тип С)

При креплении СМП по типу «S» конусная головка винта 2 крепит пластину непосредственно к опорной поверхности державки 1 (рис.4.5). Преимуществом этой конструкции крепления пластины являются компактность узла, хороший отвод стружки, высокая надежность и быстрая смена пластин. Основная область их применения – растачивание отверстий диаметром 10—30 мм на легких и средних станках ЧПУ.

Крепление по типу «М» является модернизированным клиновым прихватом пластины к державке резца (рис.4.6). Клин 3 с помощью винта 4 прижимает СМП не только к штифту 6, на который она крепится центральным отверстием, но и к опорной пластине 2,

При таком закреплении СМП остается открытой вспомогательная режущая кромка. При откреплении СМП клин приподнимается над державкой 1 с помощью пружины 5.

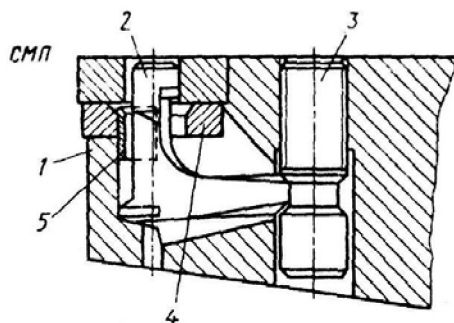


Рис 4.4 Крепление пластины с отверстием L-образным рычагом (тип Р)

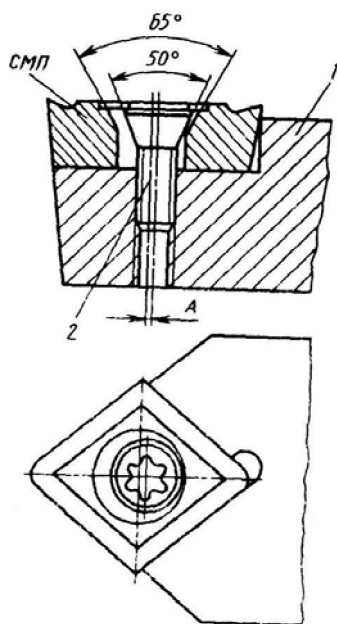


Рис 4.5 Крепление пластины с фасонным отверстием винтом (тип S)

Для нарезания резьбы применяют резцы с механическим креплением ромбических неперетачиваемых пластин (рис.4.7). Ромбическая пластина имеет центральную V-образную канавку, в которую входит вершина прихвата. При закреплении винтом 3 прихват 2 подтягивает СМП к боковым базовым поверхностям глухого гнезда державки 1 и надежно прижимает к опоре.

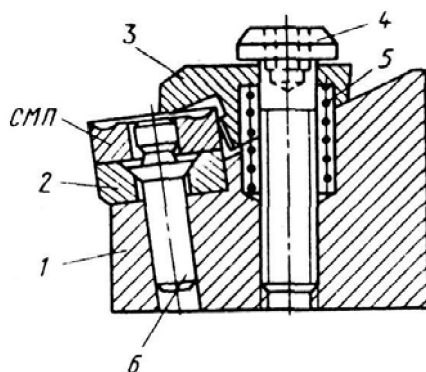


Рис 4.6 Крепление пластин с отверстием клином-прихватом (тип М)

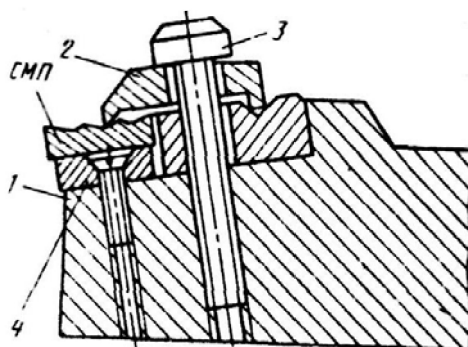


Рис 4.7 Крепление прихватом ромбических неперетачиваемых пластин из твердого сплава для резьбовых резцов

Отрезные и канавочные резцы оснащаются СМП, которые крепятся с помощью прихватов (рис.4.8). Прихват 2 прижимает СМП к державке резца 1.

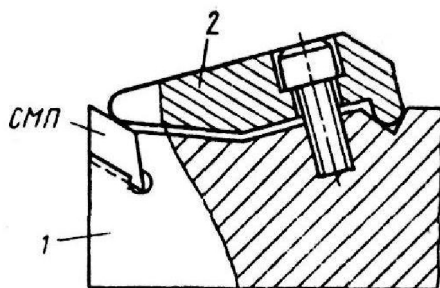


Рис 4.8 Крепление прихватом неперетачиваемых пластин из твердого сплава для отрезных резцов

4.2 ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ

4.2.1 КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

Наиболее распространенным инструментом для фрезерных станков с ЧПУ являются концевые фрезы. Материал рабочей части фрез – быстрорежущие стали или твердые сплавы. Концевые фрезы диаметром до 12 мм делают из одной заготовки, у фрез диаметром свыше 12 мм рабочую часть приваривают к корпусу. На рис.4.9 показана стандартная концевая фреза с коническим хвостовиком.

Концевые фрезы бывают стандартные и специальные, приспособленные для работ в особых, трудных условиях. На рис 4.10 показаны особые случаи конструкторских решений таких концевых фрез:

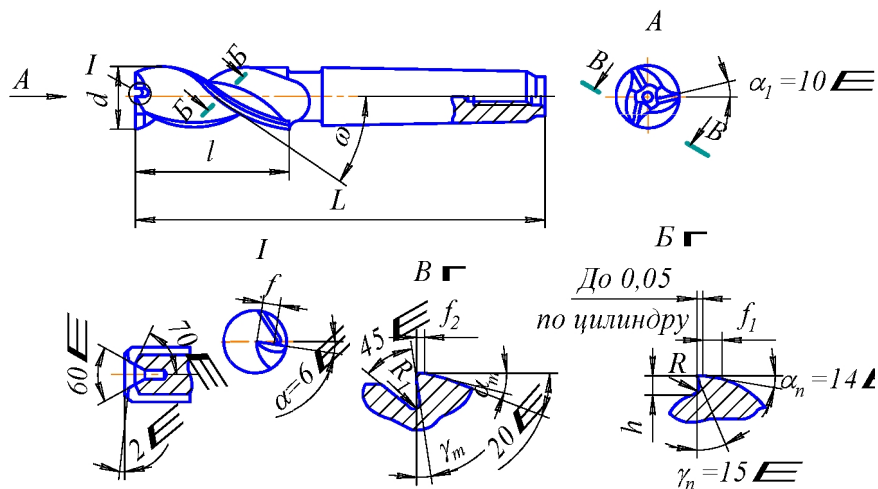


Рис 4.9 Концевая фреза с коническим хвостовиком

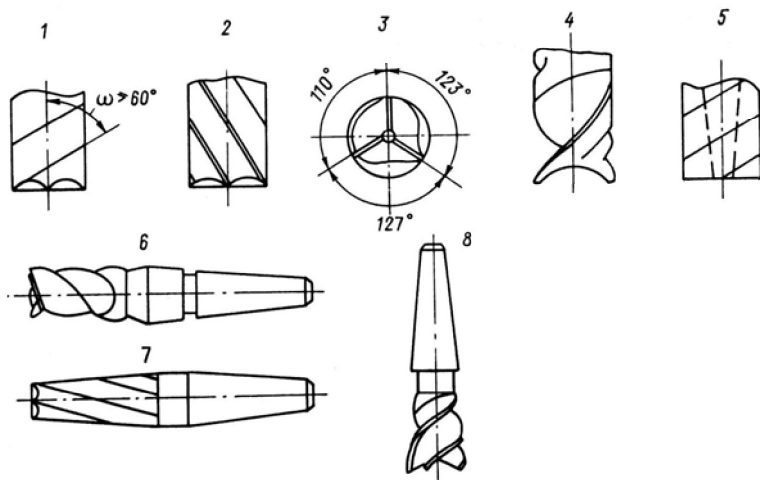


Рис 4.10 Особые случаи конструктивных решений концевых фрез

1 – фреза с облегченным выходом стружки при обработке глубоких колодцев за счет уменьшения числа зубьев и увеличения угла наклона режущей спирали;

2 – фреза с измененной осевой составляющей силы резания таким образом, чтобы за счет этой составляющей деталь прижималась к столу станка (достигается это применением праворежущих фрез с левой спиралью и леворежущих с правой спиралью);

3 – фреза с уменьшенной вибрацией при резании, что обеспечивается несимметричным расположением зубьев фрезы;

4 – двухзубые фрезы с особой заточкой торца, позволяющие осуществлять вертикальное врезание в деталь;

5 – фреза повышенной жесткости за счет того, что канавки имеют переменную глубину (конический сердечник);

6 – увеличенный вылет фрезы с сохранением ее жесткости за счет усиления тела фрезы;

7 и 8 – конические и фасонные фрезы для образования сложных криволинейных поверхностей.

4.2.2 ТОРЦОВЫЕ ФРЕЗЫ

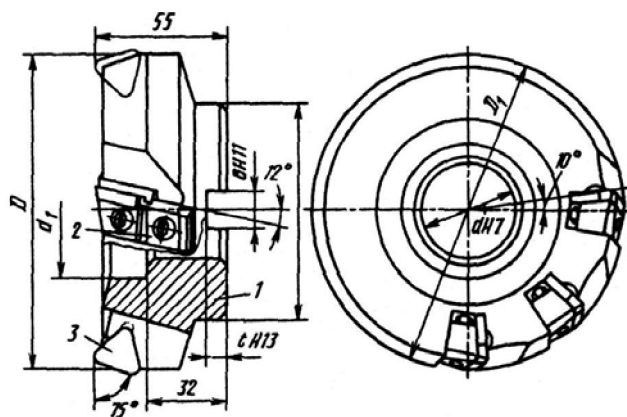
Как правило торцовые фрезы для станков с ЧПУ быстрорежущие и оснащенные СМП из твердых сплавов, а также из СТМ на основе нитрида бора.

Во фрезях, оснащенных СМП, для выполнения повышенных требований к торцовому и радиальному биению режущих кромок зубьев широко используется регулирование их положения в осевом направлении, что необходимо при работе с большими подачами.

Наиболее распространенными торцовыми фрезами с СМП являются следующие:

1 – фрезы торцовые с трехгранными пластинами с задними углами (рис.4.11). Фрезы предназначены для условий чернового фрезерования. Они позволяют производить обработку деталей с большими подачами при максимальной ширине фрезерования;

2 – фрезы торцовые с четырехгранными пластинами и двойной отрицательной геометрией (рис.4.12).). Фреза (рис.4.13) состоит из корпуса 1, в пазах которого расположены опоры 2 с режущими пластинами без задних углов 3 и клинья 4 и 5 для их крепления. Со стороны передней поверхности пластины опираются на лыски штифтов 6, установленных в отверстиях корпуса.



1 — корпус; 2 — базовые опоры; 3 — пластины

Размеры, мм

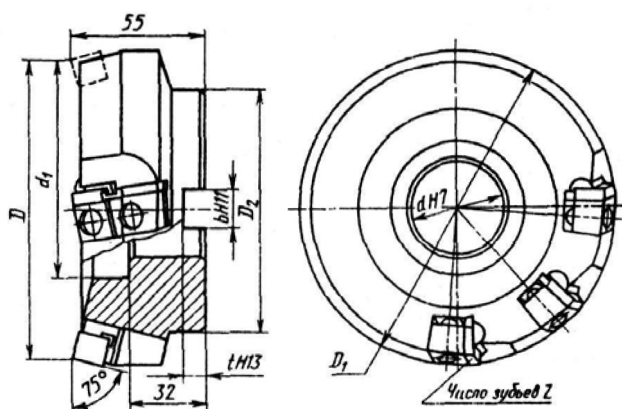
D	d	D_1	D_2	d_1	b	t	Число зубьев z
100	32	106	65	45	14,4	8	6
125	40	130	90	56	16,4	9	8
160	50	164	120	70	18,4	10	10
200		202	160				12

Рис 4.11 Фрезы торцовые с трехгранными пластинами с задними углами

Конструкция предусматривает регулирование положения режущих пластин за счет их перемещения вдоль паза корпуса, вы-

полненного сквозным. Это позволяет компенсировать допускаемую неточность изготовления крепежных отверстий в корпусе и обеспечивать полный контакт режущих зубьев с деталью.

Данные фрезы являются наиболее экономичными с точки зрения расхода инструментального материала. Биение вершин режущих кромок относительно опорного торца фрезы – не более 0,06 мм.



Размеры, мм

D	d	D_1	D_2	d_1	b	t	Число зубьев Z
100	32	106	65	45	14,4	8	6
125	40	130	90	56	16,4	9	8
160	50	163	120	70	18,4	10	10
200		202	160				12

Рис 4.12 Фрезы торцовые с четырехгранными пластинами с двойной отрицательной геометрией

3 – фрезы кассетной конструкции с пластинами из композитов 10Д и 05 (рис.4.14) обеспечивают резкое повышение производительности фрезерования чугунов с подачами 2000 – 3000 мм/ мин. Фреза состоит из корпуса 1 и кассет с режущими пластинами 7. Кассеты крепятся в пазах корпуса винтами 6 и включают державку 3, прихват 8, крепежный винт 5, сухарь 2 и регулировочный винт 4. Конструкция фрезы предусматривает осевое регулирование кассет. Предварительное осевое регулирование осуществляется винтами 4 при легком поджатии кассет винтами 6; точность предварительной настройки торцового биения составляет 0,02 мм. Окончательное осевое регулирование осуществляется при полностью затянутых винтах 6, что позволяет получить торцовое биение режущих кромок 0,002 – 0,005 мм.

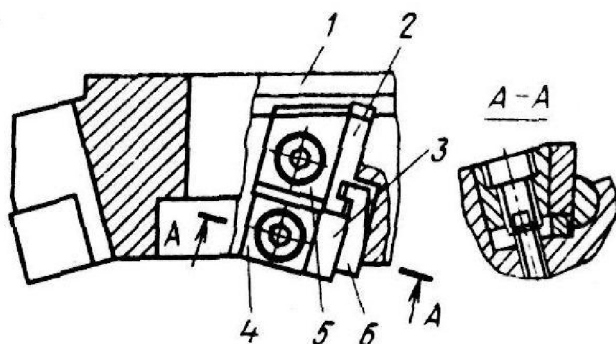


Рис 4.13 Конструкция универсальных торцовых фрез с механическим креплением СМП

4.2.3 ФРЕЗЫ ДИСКОВЫЕ

Фрезы дисковые с механическим креплением многогранных пластин из твердого сплава предназначены для фрезерования пазов и уступов в деталях.

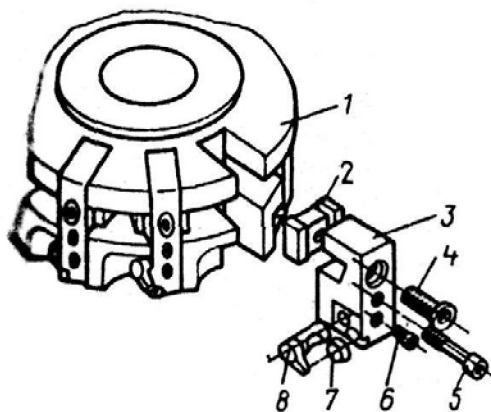


Рис 4.14 Торцовая регулируемая кассетная фреза:

1 – корпус; 2 – сухарь; 3 – державка кассеты; 4 – винт регулировочный; 5 – винт крепежный; 6 – винт; 7 – пластина режущая; 8 – прихват

На рис.4.15 представлена конструкция дисковой фрезы с механическим креплением трехгранных пластин с задними углами. Пластина 2 базируется в V – образном пазу вставки 3, которая закрепляется в корпусе 1 винтом 4. Пластина закрепляется клином 6 и винтом 5. Наличие сменных вставок повышает срок службы фрезы. Угол наклона пластин разнонаправленный, что способствует устранению вибраций.

4.3 ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТАНКОВ СВЕРЛИЛЬНОЙ И РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

4.3.1 СВЕРЛА

На станках с ЧПУ применяют различные типы сверл в зависимости от диаметров, конфигурации и точности обрабатываемых поверхностей.

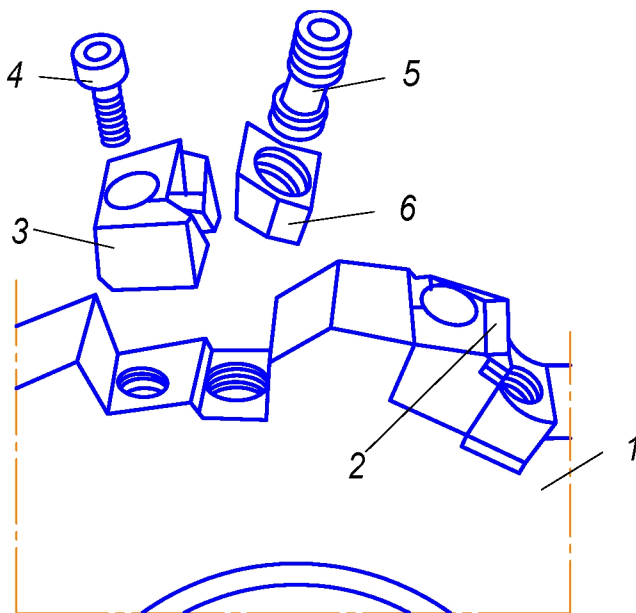


Рис 4.15 Конструкция дисковой фрезы с СМП

На рис.4.16 показаны основные типы сверл, наиболее часто применяемых на станках с ЧПУ:

1. Спиральные укороченные сверла с цилиндрическим (рис.4.16, а) или коническим хвостовиком предназначены для предварительного центрирования отверстий. В отличие от стандартных сверл у них уменьшена длина рабочей части, уменьшены допуски на осевое биение и симметричность сердцевины. Угол при вершине $2\phi=90^\circ$. Такая заточка обеспечивает получение центровой лунки (рис.4.16,б), которая в момент засверливания последующим сверлом устраняет контакт поперечной кромки сверла с деталью. Это позволяет увеличить точность центрирования по сравнению со стандартной схемой сверления.

2. Ступенчатые сверла (рис.4.16,в) предназначены для обработки ступенчатых отверстий под головки винтов. Сверла имеют две ступени, большая из которых имеет четыре цилиндрических лен-

точки, что повышает точность обработки. Используются сверла как с коническим, так и цилиндрическим хвостовиком.

3. Перовые сверла (рис.4.16,г) применяют при сверлении отверстий диаметром 25 ÷ 80 мм. По сравнению со спиральными их отличает простота изготовления, повышенная жесткость и прочность, меньшая стоимость.

4. Сборные ступенчатые сверла (рис.4.16,д) позволяют регулировать длину меньшей ступени в широких пределах и более просты в изготовлении: на рабочей части стандартного сверла 1 винтом 2 закрепляют специальную насадку 3. В таком сверле, меняя насадку, можно при одном и том же меньшем диаметре изменять больший диаметр.

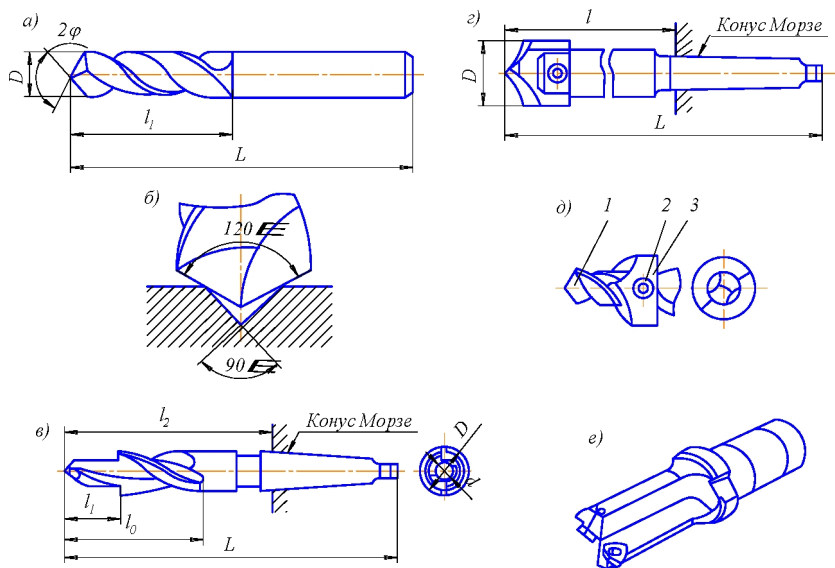


Рис 4.16 Инструмент для обработки отверстий:

- а – центровое сверло; б – схема центровой лунки; в – ступенчатое сверло с коническим хвостовиком и углом $2\varphi = 180^\circ$ на второй ступени; г – перовое сборное сверло с пластинами из быстрорежущей стали; д – сборное ступенчатое сверло; е – сверло с СМП

5. Сверла с СМП (рис.4.16,е) применяют для сверления коротких ($1,5 \div 2,5d$) отверстий диаметром $18 \div 80$ мм. Наружная режущая кромка сверла может быть использована также для дополнительной обточки наружных цилиндрических поверхностей и растачивания отверстий.

4.3.2 ЗЕНКЕРЫ

В качестве типовых зенкеров, предназначенных для станков с ЧПУ, рекомендуются следующие конструкции:

- зенкеры диаметром $10 \div 40$ мм с цилиндрическим (рис.4.17, а) и коническим (рис.4.17,б) хвостовиком из быстрорежущей стали и предназначены для предварительной и окончательной обработки отверстий в деталях из чугуна и стали;

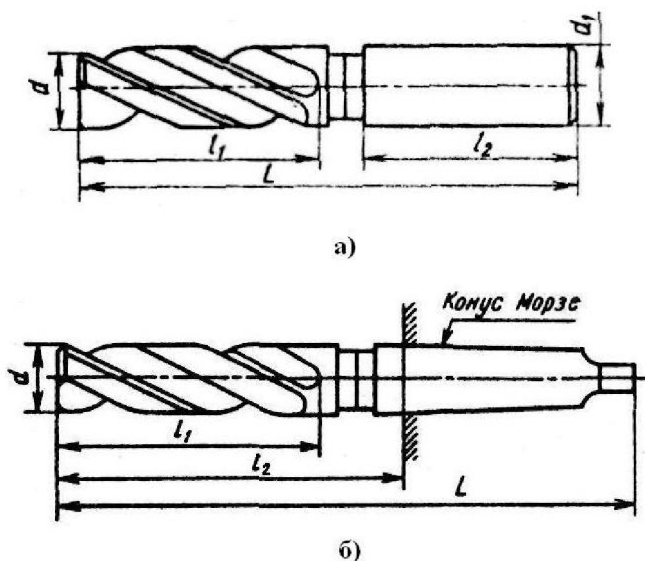


Рис. 4.17. Зенкеры из быстрорежущей стали:

а – с цилиндрическим хвостовиком; б – с коническим хвостовиком

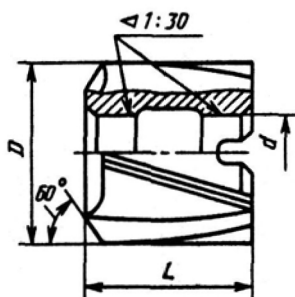
- зенкеры цельные насадные диаметром 32÷ 80 мм (рис.4.18) из быстрорежущей стали, в том числе с износостойким покрытием, предназначены для предварительной и окончательной обработки отверстий в деталях из чугуна и стали;
- зенкеры с коническим хвостовиком, оснащенные СМП (рис.4.19). Конструктивно состоят из хвостовика 1, пластинчатого корпуса 2, винта 3, крепящего корпус в хвостовике, режущих многогранных неперетачиваемых пластин 4 и винтов 5 для их закрепления в корпусе. Такие зенкеры рекомендуются для черновой обработки;
- зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава, с коническим хвостовиком (рис.4.20,а) и насадные (рис.4.20,б), изготавливаются с напайными пластинами из твердого сплава марок ВК6, ВК8, ВК6М, Т5К10, Т15К6, Т14К8 и др.. Предназначены для предварительной и окончательной обработки отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов.

Таблица 4.1 (к рис. 4.17, а)

d	d ₁	Δ	ℓ ₁	ℓ ₂
10	12	133	87	40
11		142	94	
12		151	101	
13	16	160	108	45
14				
15				
16	20	178	120	48
17		185	125	
18		195	130	
19		200	135	
20		205	140	

Таблица 4.2 (к рис. 4.17, б)

d	Δ	ℓ_1	ℓ_2	Конус Морзе
10	168	87	106	1
11	175	94	113	
12	182	101	120	
13				
14				
15	189	108	127	2
16	212	114	137	
17	218	120	143	
18	223	125	148	
19	228	130	153	
20	233	135	158	
21	238	140	163	
22	243	145	168	
24	248	150	173	
24	281	160	187	3
25	286	165	192	
26				
27	291	170	197	
28				
30	296	175	202	4
32	334	185	216,5	
34	339	190	221,5	
36	344	195	226,5	
38	349	200	231,5	
40				



Размеры, мм

D для рядов			Δ	d	Зенкер	D для рядов			Δ	d	
1	2	3				1	2	3			
32	—	—	30	13	2320-2084 -2085 -2086 -2087 -2088 -2089 -2090 -2091 -2092 -2093 -2094 -2095	55	—	—	42	22	
—	34	—				—	—	58	48	27	
—	—	35	34	16		60	—	—			
36	—	—				—	—	62			
—	—	37				—	63	—			
—	38	—				—	65	—			
40	—	—	38	19		—	—	68	52	32	
—	42	—				70	—	—			
45	—	—				—	—	72			
—	—	47				—	75	—			
—	48	—				—	—	78			
50	—	—	42	22		—	—	—			
—	52	—				80	—	—			

Рис 4.18 Зенкеры цельные насадные из быстрорежущей стали

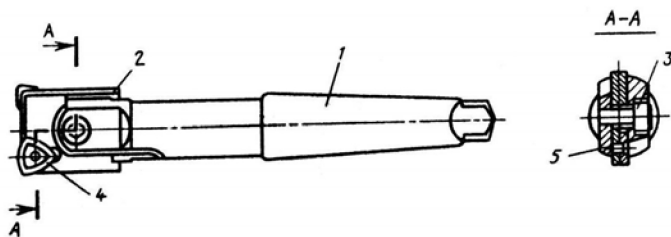


Рис 4.19 Двухзубый зенкер, оснащенный СМП

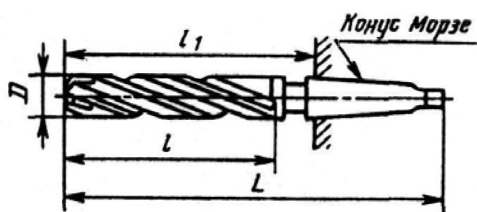
4.3.3 РАЗВЕРТКИ

- Для станков с ЧПУ рекомендуются следующие типы разверток:
- развертки быстрорежущие диаметром $3 \div 50$ мм с цилиндрическим (рис.4.21,а) и коническим (рис.4.21,б) хвостовиком, а также насадные (рис.4.21,в). Предназначены для окончательной обработки отверстий в деталях из стали и чугуна;
 - развертки, оснащенные твердым сплавом, диаметром $10 \div 50$ мм с коническим хвостовиком (рис.4.22,а) и насадные (рис.4.22,б). Предназначены для окончательной обработки отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов.

4.3.4 РАСТОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

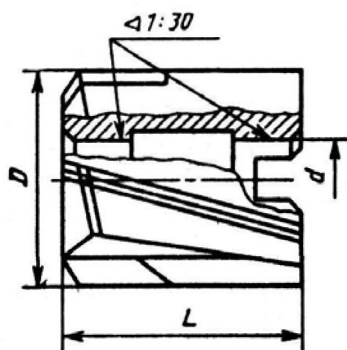
Основная особенность расточного инструмента для станков с ЧПУ состоит в том, что он практически весь является консольным. В связи с этим он должен обладать повышенной жесткостью и виброустойчивостью. Применяют расточные оправки с многогранными пластинами и микрометрическими вставками. На рис.4.23 показана конструкция расточной оправки с микрометрическим регулированием. Корпус 1 имеет конусный хвостовик для крепления в шпинделе станка и эксцентричную расточку, в которую входит оправка. На оправке закреплено червячное колесо 3, которое приво-

дится в движение червяком 4. На корпусе установлена обойма 5, а на оправке – диск 6.



а)

D	L	l	l ₁	Конус Морзе
14	180	85	105	2
	205	110	130	
16	185	90	110	
	215	120	140	
18	190	95	115	
	220	125	145	
20	218	100	124	3
	248	130	154	
24	222	105	128	
	258	140	164	
25	228	110	134	
	268	150	174	

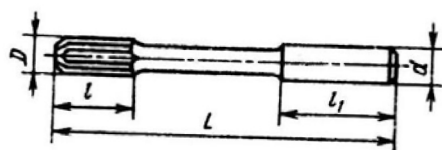


б)

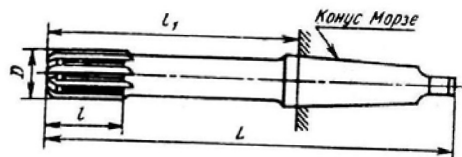
D	L	d
32	40	13
34		
36		
38		
40		
42	45	16
45		
50		
55		
60		
70	60	27
80		
	65	32

Рис 4.20 Зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава:

а – с коническим хвостовиком; б – насадные



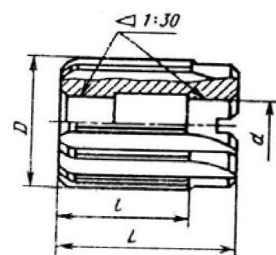
а)



б)

Размеры, мм

D	L	l	l ₁	Конус Морзе
10	168	38	106	1
11	175	41	113	
12	182	44	120	
13				2
14	189	47	127	
16	210	52	135	
18	219	56	144	
20	228	60	153	
22	237	64	162	
25	268	68	174	3
28	277	71	185	
32	317	77	225	

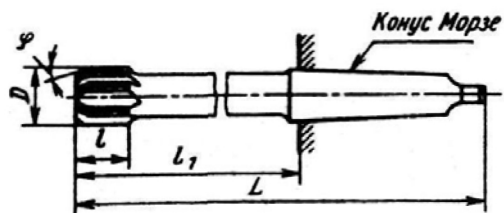


в)

Размеры, мм

D	d	L	l
25	13	45	32
28			
30			
32	16	50	36
36	19	56	40
40			
45	22	63	45
50			

Рис. 4.21. Развертки из быстрорежущей стали:
а – с цилиндрическим хвостовиком; б – с коническим хвостовиком; в – насадные

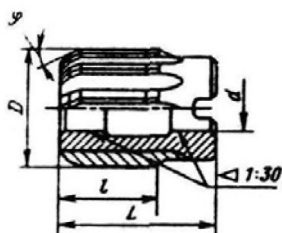


Размеры, мм

D	L	l	l_1	Конус Морзе	Число зубьев Z
10,0 11,0	140	16	78	1	4

а)

Размеры, мм



D	d	L	l	Число зубьев
32	16	40	32	6
36 40	19	45		8
45 50	22	50 55		10

б)

Рис 4.22 Развертки, оснащенные твердым сплавом:
а – с коническим хвостовиком; б – насадные

Подналадку резца производят в следующем порядке. Устанавливают предварительный вылет резца. Затем освобождают винт 7, благодаря чему можно повернуть оправку с диском на необходимый угол (до 90^0). Так как оправка вращается вокруг оси, не совпадающей с осью корпуса, то вершина резца будет смещаться в радиальном направлении от центра станочного шпинделя, в котором закреплена оправка. По достижении необходимого смещения резца, определяемого по шкале на цилиндрической поверхности обоймы, винт зажимают.

Для повышения универсальности расточного инструмента и одновременно упрощения конструкции разработаны агрегатно-модульные системы инструмента для разнотипных станков. Такую систему переналаживают в соответствии с изменениями обрабатываемых деталей путем простой компоновки унифицированных взаимозаменяемых узлов и агрегатов. Для компоновки используют определенное число деталей (модулей), которые образуют взаимосвязанный механизм, обладающий достаточными жесткостью и точностью. Такая система позволяет создавать комбинированные расточные инструменты. Система обычно состоит из трех функциональных элементов: 1) расточных головок; 2) удлинителей и переходников; 3) хвостовых (базовых) частей, предназначенных для установки в шпинделе станка. В различных системах модульного инструмента элементы при создании комбинаций соединяют по-разному (на резьбе, стопорение винтами и др.)

На рис.4.24 показана система модульного инструмента в которую входят: хвостовики-державки 1 различных исполнений для крепления инструмента на многоцелевых станках; переходники 2 для установки планок 6 двухзубых расточных головок для обработки отверстий большого диаметра; универсальные переходники 3 и удлинители 4; переходники 5 для регулирования в радиальном направлении крепления расточных однозубых головок 9-11; планки для установок головок 10.

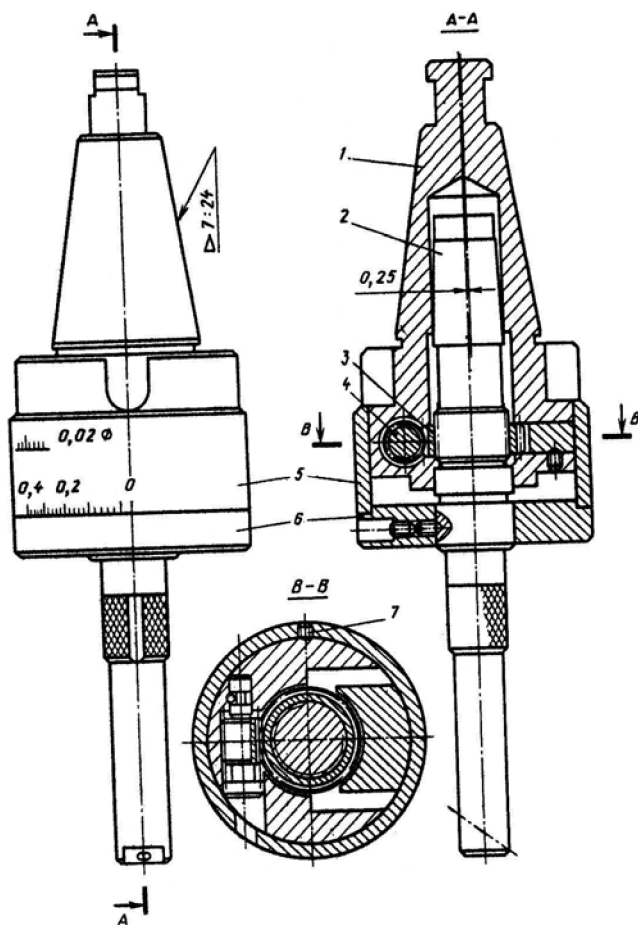


Рис 4.23 Резцедержатель с точной подачей

Непосредственно в хвостовики или через переходники и удлинители с помощью резьбового соединения могут устанавливаться: расточные головки 7 и 8 с микрометрическим регулированием; расточные патроны 12; цанговые патроны с разрезными цангами 13; патроны для концевых фрез 14 и 15; модульные оправки 16 для

насадных фрез со сменными цапфами 17; оправки для насадных фрез торцовых 18 и дисковых 19.

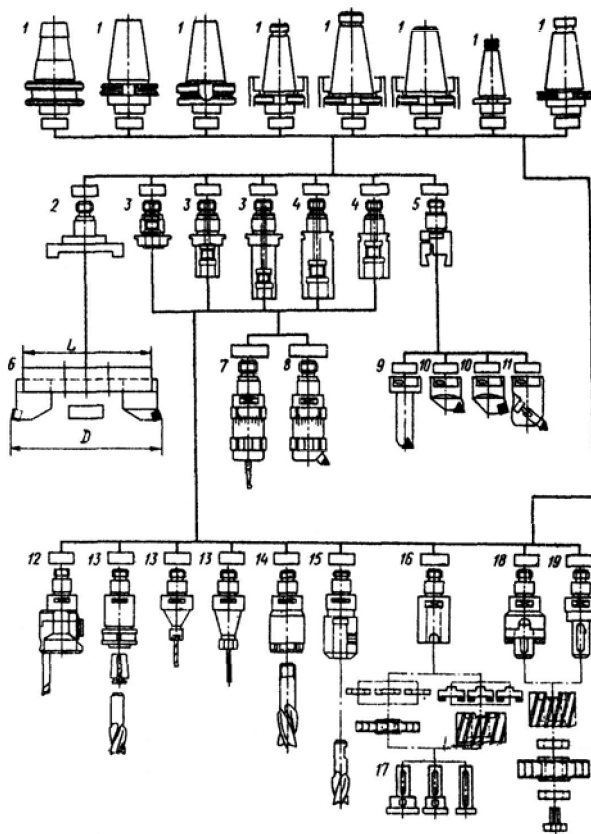


Рис 4.24 Система модульного инструмента

Для растачивания точных отверстий начинают использовать устройства, позволяющие осуществлять автоматическую размерную наладку вершины инструмента непосредственно на станке. Это расточные планшуппорты с программным управлением. Их использование сокращается номенклатуру расточных оправок,

уменьшает вспомогательное время на смену инструмента, позволяет растачивать ступенчатые и конические отверстия , подрезать торцы и прорезать канавки, нарезать резьбу.

4.4 ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Поскольку станки с ЧПУ требуют применения инструментов определенных размеров при заданном положении относительно системы координат станка, предварительная настройка всех инструментов на заданные размеры играет решающую роль для повышения эффективности станков с ЧПУ.

4.4.1 НАЛАДКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА РАЗМЕР ВНЕ СТАНКА

Предварительная настройка инструмента вне станка обеспечивает значительное сокращение его простоев благодаря совмещению подготовительно-заключительного времени, затрачиваемого на переналадку станка, и вспомогательного времени, затрачиваемого на замену и поднастройку инструмента, с временем работы станка. Предварительная настройка инструмента проводится независимо от конкретной программы. Для этого регламентируются координатные размеры вершин режущей кромки инструмента.

Определение положения вершины инструмента выполняется на специальных приборах, которые должны обладать большой универсальностью и гибкостью, то есть возможностью быстрой переналадки для настройки различных инструментов. На рис.4.25 показана схема прибора для наладки инструмента вне станка. Режущий инструмент устанавливают и закрепляют на приборе в подставке, имитирующей присоединительные (под инструмент) поверхности шпинделя или суппорта станка. Прибор имеет подвижную каретку, которая может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях: одновременно по линейкам можно отсчитывать численные значения перемещения каретки. Начало отсчета каждой из

линеек совмещено с положением отсчетной точки. На одной из кареток находится измерительное устройство (микроскоп, проектор, индикатор, шаблон), с помощью которого фиксируется момент совмещения заданного и фактического положения вершины режущего инструмента.

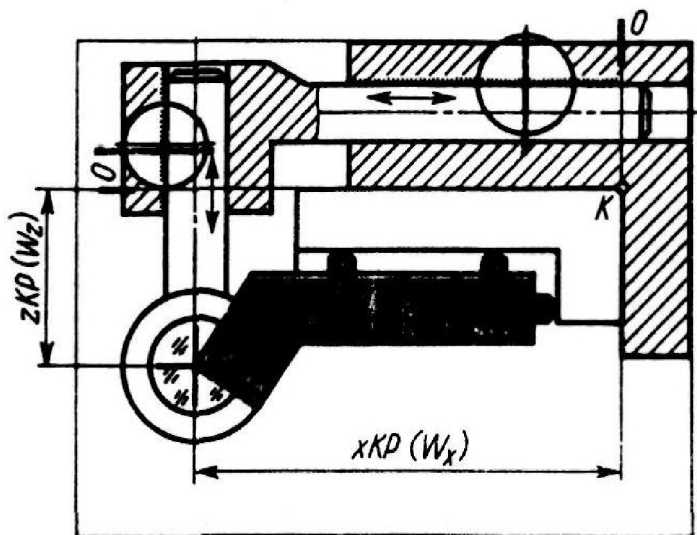


Рис 4.25 Схема прибора для наладки инструментов вне станка

С помощью оптических приборов можно также проверять правильность и точность исполнения режущей части инструмента. На рис.4.26 показаны изображения на специальном экране режущей части резцов и сверла. Используя поворот подвижного экрана, можно проверить значения главного ϕ и вспомогательного ϕ_1 углов в плане, а с помощью кольцевых линий – значение радиуса при вершине.

На рис.4.27 показано автоматизированное микропроцессорное устройство для наладки и контроля режущего инструмента к станкам с ЧПУ. На тумбе 8 размещен поворотный стол 7. На столе закреплены стойки, базовые поверхности которых соответствуют базовым поверхностям под определенный режущий инструмент для конкретного станка с ЧПУ. На тумбе смонтированы также оптическое контрольное устройство 5 с экраном и система кодирования информации 4, включающая мини-ЭВМ. На стеллаже 1, прикрепленном к тумбе, установлены устройство печати 3 и перфоратор 2.

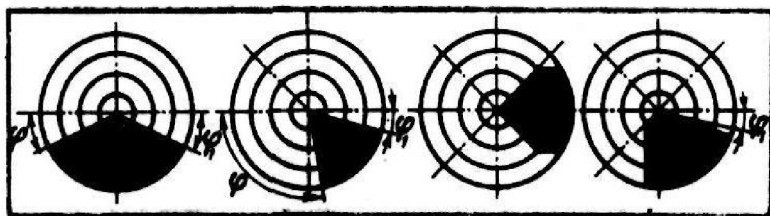


Рис 4.26 Изображения вершин режущих инструментов на экране проектора

Режущий инструмент, закрепленный в оправках, подводится к устройству на специальной тележке 11, имеющей стеллаж 10 под инструмент. На столиках 9 тележки размещают необходимую для наладки и контроля инструмента техническую документацию, универсальные средства контроля и т.д.

Для наладки инструмент с оправкой крепят в гнезде стойки 6, размещенной в рабочей позиции стола 7. В этой стойке закрепленный режущий инструмент находится в положении, аналогичном положению, которое он будет занимать в шпинделе или суппорте станка перед началом работы. Оптическое контрольное устройство

5 позволяет определить (по экрану) положение рабочей точки (вылет) инструмента по соответствующим осям, то есть значения коррекции по диаметру и длине. Эти величины вместе с кодом оправки и инструмента вводятся через клавиатуру в память мини-ЭВМ системы кодирования. После проверки всех заданных инструментов и введения коррекций на каждый инструмент по команде с пульта системы 4 печатающее устройство выдает бланк наладки инструмента для данного станка. Одновременно всю информацию по коррекции можно получить на перфоленте от перфоратора 2. С этой перфоленты данные по коррекции инструмента вводят в УЧПУ станка при подготовке его к работе.

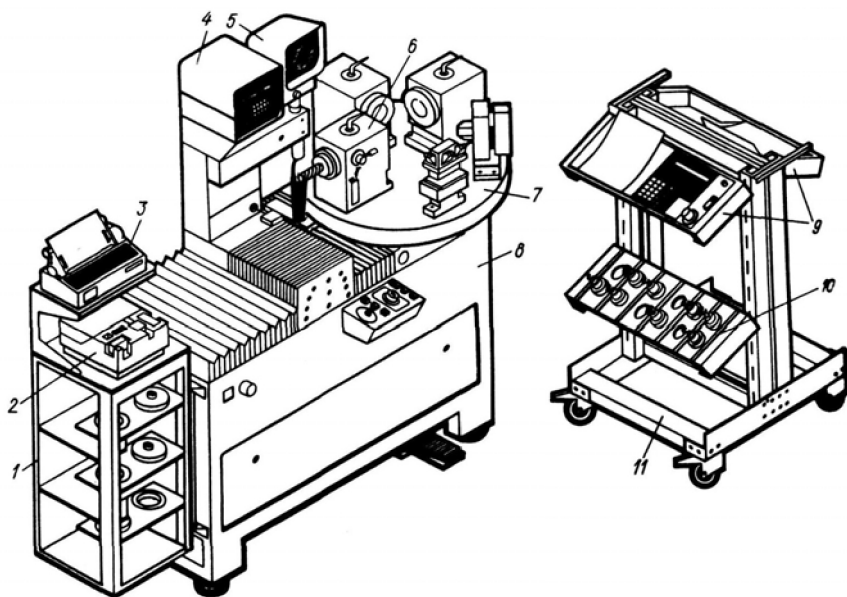


Рис 4.27 Автоматизированное устройство для наладки режущих инструментов вне станка

4.4.2 НАЛАДКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКЕ

При автоматизированной настройке режущего инструмента непосредственно на станке полученные в результате измерения отклонения размеров инструмента от допустимых значений передаются в систему ЧПУ с целью определения требуемой коррекции положения инструмента. При этом отсутствует необходимость точной предварительной настройки инструмента на приборах, поскольку предварительная настройка необходима лишь в пределах нескольких миллиметров. Кроме того, при настройке инструмента вне станка не обеспечивается высокая точность обработки заготовок вследствие наличия ряда погрешностей: установки инструмента; износа инструмента; геометрических погрешностей станка, а также погрешностей, вызванных тепловыми деформациями, деформациями системы станок – приспособление – инструмент – деталь.

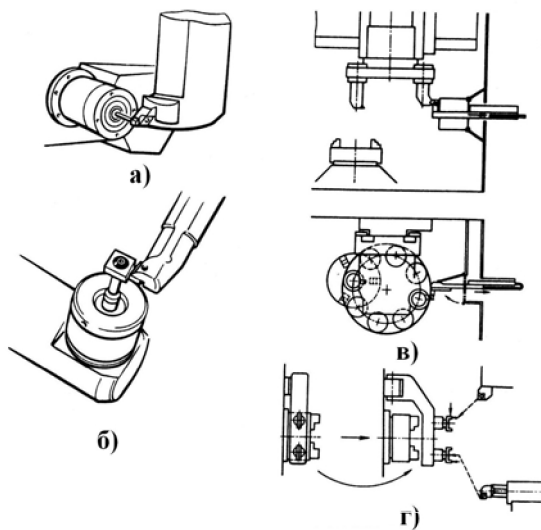


Рис 4.28 Схемы установки датчиков касания на токарных станках

Рассмотрим настройку режущего инструмента на токарных станках. Для автоматического измерения инструмента на токарных станках применяют измерительные щупы-датчики касания (с дискретным сигналом). Схема установки датчиков показана на рис.4.28. Датчики могут быть установлены на корпус передней бабки станка (рис.4.28,а), выполнены выдвижными, перемещаемыми в рабочую позицию на точных направлениях (рис.4.28,б ; рис.4.28,в), либо откидными, установленными на откидном рычаге (рис.4.28,г).

После поворота револьверной головки перед началом обработки режущая кромка каждого резца по программе подводится к щупу датчика, для автоматического измерения в зоне обработки. Щуп посредством кабеля через интерфейс соединен с УЧПУ станка. В момент касания режущей кромки инструмента с щупом возникает электрический сигнал, воспринимаемый УЧПУ. Перед началом работы станка измерительный щуп калибруется в автоматическом цикле посредством эталонного инструмента для определения действительного расстояния между точкой отсчета станка и щупом. При настройке инструмента щуп фиксирует фактическое положение режущей кромки инструмента, которое сопоставляется в УЧПУ с заданным в программе обработки, после чего рассчитывается необходимая коррекция позиционирования режущей кромки инструмента. Повторное измерение инструмента позволяет вносить коррекцию его положения.

Для автоматической настройки инструмента на токарных станках также может использоваться метод АТС (Automatic Tool Calculation) – метод автоматического расчета установочных размеров инструмента. При применении этого метода инструменты в револьверной головке токарного станка могут быть установлены произвольно. С помощью электронного маховика инструменты револьверной головки последовательно устанавливаются под перекрестием расположенной в зоне работы инструментов оптической

системы, которая находится в заданной точке координатной системы станка (рис.4.29).

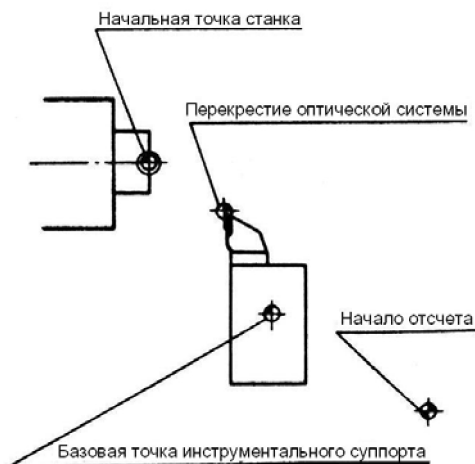


Рис 4.29 Схема автоматической настройки инструмента на токарных станках с ЧПУ

Координаты перекрестия оптической системы в качестве параметра станка хранятся в памяти системы управления, что позволяет автоматически рассчитывать установочные размеры инструментов. Эти размеры передаются в систему управления для коррекции программы при определении траектории режущих кромок. Этот метод обеспечивает точность позиционирования 0,02 мм по диаметру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник - Л.: Машиностроение, 1990. - 592с.
2. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник – М.:Машиностроение, 1990. – 512с.
3. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы.- М.: Машиностроение, 1986. - 320с
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т 2./Под ред. А.М Дальского – М.: Машиностроение, 2003. – 943с.
5. шулепов А.П., Шманев В.А., Шитарев И.Л. Проектирование технологической оснастки. – Самара: СГАУ, 1996. – 375с.
6. Сибикин М.Б. Технологическое оборудование – М.: Форум – Инфра – М, 2005. – 396с.

Учебное издание

***Волков Александр Николаевич,
Сазонов Михаил Борисович,
Трусов Владимир Николаевич.***

**СТАНКИ С ЧПУ
ЧАСТЬ 1**

Учебное пособие

Научный редактор *В.И. Богданович*
Технический редактор *И.Г. Попов*
Редакторская обработка *Т.Ю. Денцова*
Корректорская обработка *О.Ю. Дьяченко*
Доверстка *А.А. Нечитайло*

Подписано в печать 28.12.06. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 6,5. Усл. кр.-отт. 6,6. Печ. л. 7,0.

Тираж 50 экз. Заказ . ИП-74/2006.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.