

Лекция 3

Технологические возможности и преимущества станков с ЧПУ

Общие сведения о системах управления. Структура станка с ЧПУ и системы ЧПУ. Преимущества станков с ЧПУ. Рекомендации по повышению эффективности использования станков с ЧПУ. Классификация систем ЧПУ: системы цифровой индикации, позиционные, контурные, комбинированные (смешанные) системы. Обозначение типа устройства ЧПУ. Обозначение модели станка с ЧПУ. Системы CN, CNC, SNC, HNC, DNC; разомкнутые, замкнутые, самонастраивающиеся системы ЧПУ.

Общие сведения о системах управления и станках с ЧПУ

Под *управлением* станком принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающих выполнение этими механизмами технологического цикла обработки.

Система управления - устройство или совокупность устройств, реализующие эти воздействия.

Ручное управление - решение об использовании тех или иных воздействий элементов рабочего цикла принимает человек – оператор станка. Оператор на основании принятых решений включает соответствующие механизмы станка и задает параметры их работы.

Операции ручного управления осуществляют как на **неавтоматических** универсальных и специализированных станках разного назначения, так и на **автоматических** станках. В **автоматических** станках ручное управление используется для реализации наладочных режимов и специальных элементов рабочего цикла. Здесь ручное управление часто сочетается с цифровой индикацией информации, поступающей от датчиков положения исполнительных органов.

Автоматическое управление заключается в том, что решения об использовании элементов рабочего цикла принимает **система управления без участия оператора**. Она же выдает команды на включение и выключение механизмов станка и управляет его работой.

Циклом обработки называют совокупность перемещений рабочих органов станка, повторяющихся при обработке каждой заготовки. Комплекс перемещений рабочих органов в цикле работы станка осуществляется в определенной последовательности, т. е. по программе.

Алгоритмом называют способ достижения цели (решения задачи) с однозначным описанием процедуры его выполнения.

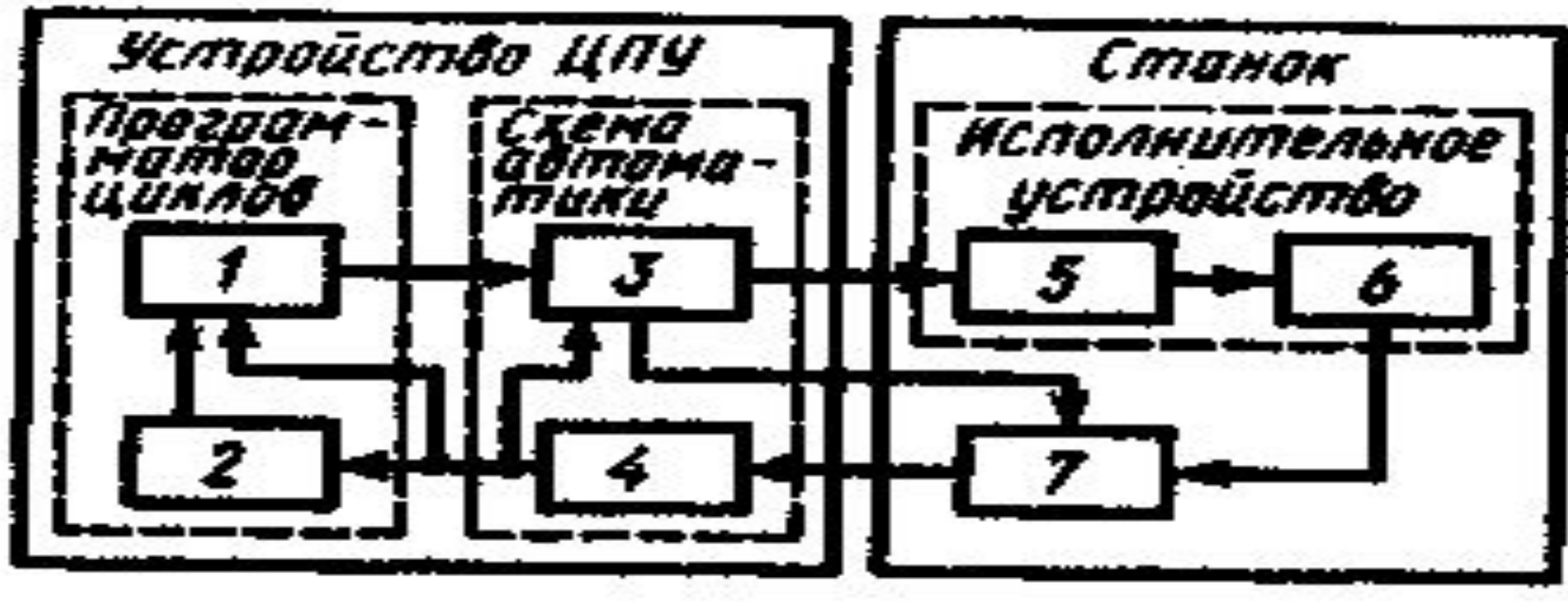
По функциональному назначению автоматическое управление разделяют следующим образом:

- управление **неизменными повторяющимися циклами** обработки (например, управление агрегатными станками, выполняющими фрезерные, свер-лильные, расточные и резьбонарезные операции путем осуществления циклов движения многошпиндельных силовых головок);
- управление **изменяемыми автоматическими циклами**, которые задают с помощью индивидуальных для каждого цикла материальных моделей-аналогов (копиров, наборов кулачков, системы упоров и т. д.) Примером циклового управления станков (ЦПУ) являются системы управления копировальных токарных и фрезерных станков, многошпиндельных токарных автоматов и др.;

- **числовое программное управление (ЧПУ)**, при котором программу задают в виде записанного на том или ином носителе массива информации. Управляющая информация для станков с ЧПУ является дискретной, и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами.

Цикловое программное управление (ЦПУ)

Система циклового программного управления (ЦПУ) позволяет частично или полностью программировать цикл работы станка, режим обработки и смену инструмента, а также задавать (с помощью предварительного налаживания упоров) величину перемещений исполнительных органов станка. Она **является аналоговой системой управления замкнутого типа** и обладает достаточно высокой гибкостью, т. е. обеспечивает легкое изменение последовательности включения аппаратуры (электрической, гидравлической, пневматической и т. д.), управляющей элементами цикла.



Блок-схема устройства циклового программного управления

1 – блок задания программы, 2 – блок поэтапного ввода программы, 3 – блок управления циклом работы станка, 4 – блок преобразования сигналов контроля. 5, 6 - приводы исполнительных органов станка, электромагниты, муфты и т. д., 7 – датчик обратной связи

Из блока 1 информация поступает в схему автоматики. Схема автоматики (обычно выполняют на электромагнитных реле) согласует работу программатора циклов с исполнительными органами станка и датчиком обратной связи; усиливает и размножает команды; может выполнять ряд логических функций (например, обеспечивать выполнение стандартных циклов). Из блока 3 сигнал поступает в исполнительное устройство где исполнительные элементы 5, 6 обеспечивают отработку заданных программой команд. Датчик 7 контролирует окончание обработки и через блок 4 дает команду блоку 2 на включение следующего этапа программы.

В устройствах циклового управления в числовом виде программа содержит информацию только о цикле и режимах обработки, а величину перемещения рабочих органов задают настройкой упоров.

Достоинствами системы ЦПУ являются простота конструкции и обслуживания, а также низкая стоимость.

Недостатками – трудоемкость размерной наладки упоров и кулачков.

Станки с ЦПУ целесообразно применять в условиях серийного, крупносерийного и массового производства деталей простых геометрических форм. Системами ЦПУ оснащают токарно-револьверные, токарно-фрезерные, вертикально-сверлильные станки, агрегатные станки, промышленные роботы (ПР) и др.

Числовое программное управление (ЧПУ)

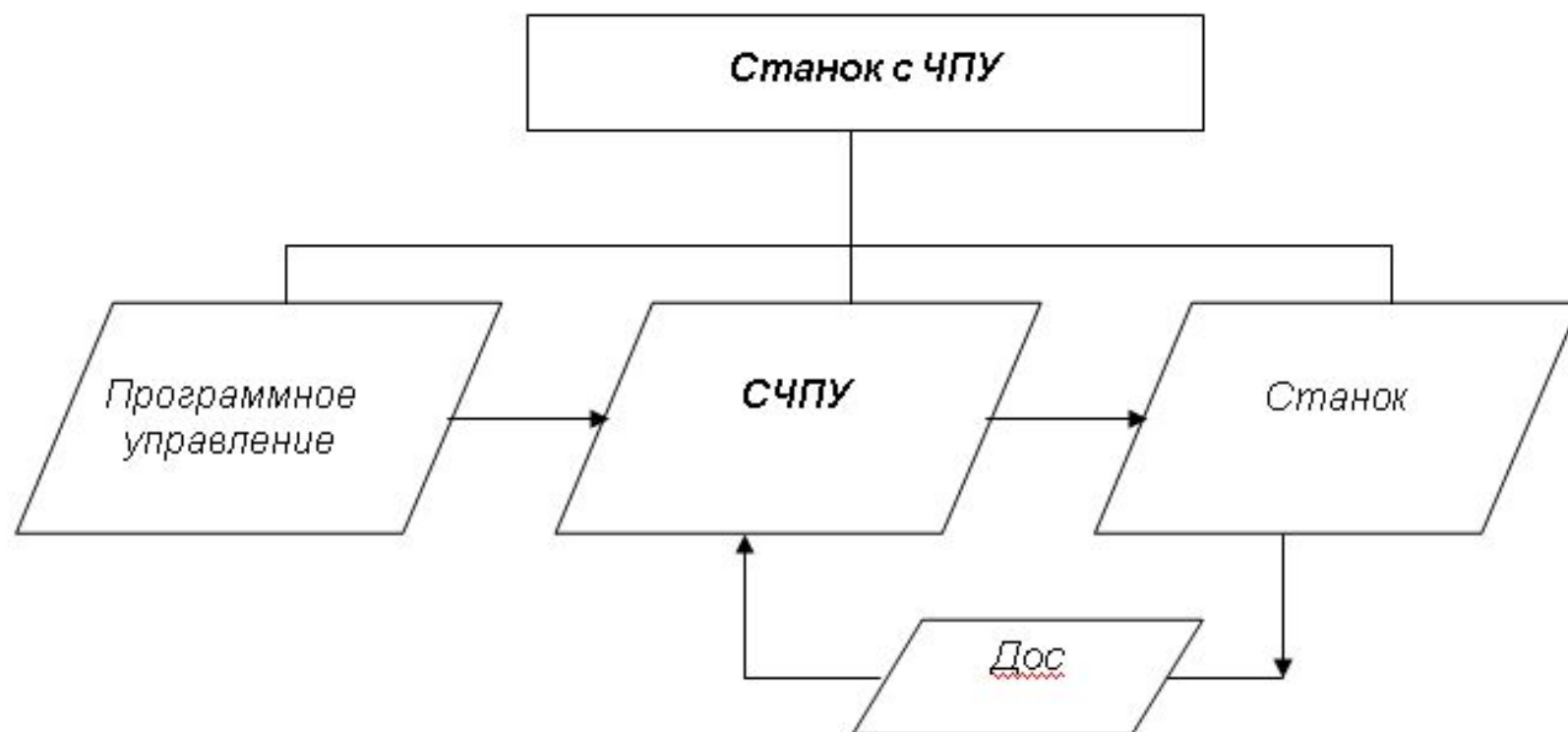
Под числовым программным управлением (ЧПУ) станком понимают управление по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде, движением исполнительных органов станка, скоростью их перемещения, последовательностью цикла обработки, режимом резания и различными вспомогательными функциями.

На основе достижений кибернетики, электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы программного управления – **системы ЧПУ**, широко используемые в станкостроении. **В этих системах величина каждого хода исполнительного органа станка задается с помощью числа.** Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение исполнительного органа на определенную величину, называемую разрешающей способностью системы ЧПУ или ценой импульса. В определенных пределах исполнительный орган можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности.

В системах ЧПУ на всем пути от подготовки программы управления вплоть до ее передачи рабочим органам станка мы имеем дело только с информацией в цифровой (дискретной) форме, полученной непосредственно из чертежа детали. Траектория движения режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки в станках с ЧПУ представляется в виде ряда его последовательных положений, каждое из которых определяется числом. Вся информация программы управления (размерная, технологическая и вспомогательная), необходимая для управления обработкой детали, представленная в текстовой или табличной форме с помощью символов (цифр, букв, условных знаков), кодируется (**код ISO-7bit**) и вводится в память системы управления от ЭВМ или непосредственно с помощью клавишей на пульте управления. Устройство ЧПУ преобразует эту информацию в управляющие команды для исполнительных механизмов станка и контролирует их выполнение. Поэтому в станках с ЧПУ стало возможным получать **сложные движения его рабочих органов не за счет кинематических связей, а благодаря управлению независимыми координатными перемещениями этих рабочих органов по программе, заданной в числовом виде.**

В условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства сокращение сроков подготовки производства на 50—75 %, снижению общей продолжительности цикла обработки на 50—60 %, уменьшению затрат на проектирование и изготовление технологической оснастки на 30—85 %.

Структурная схема станка с ЧПУ

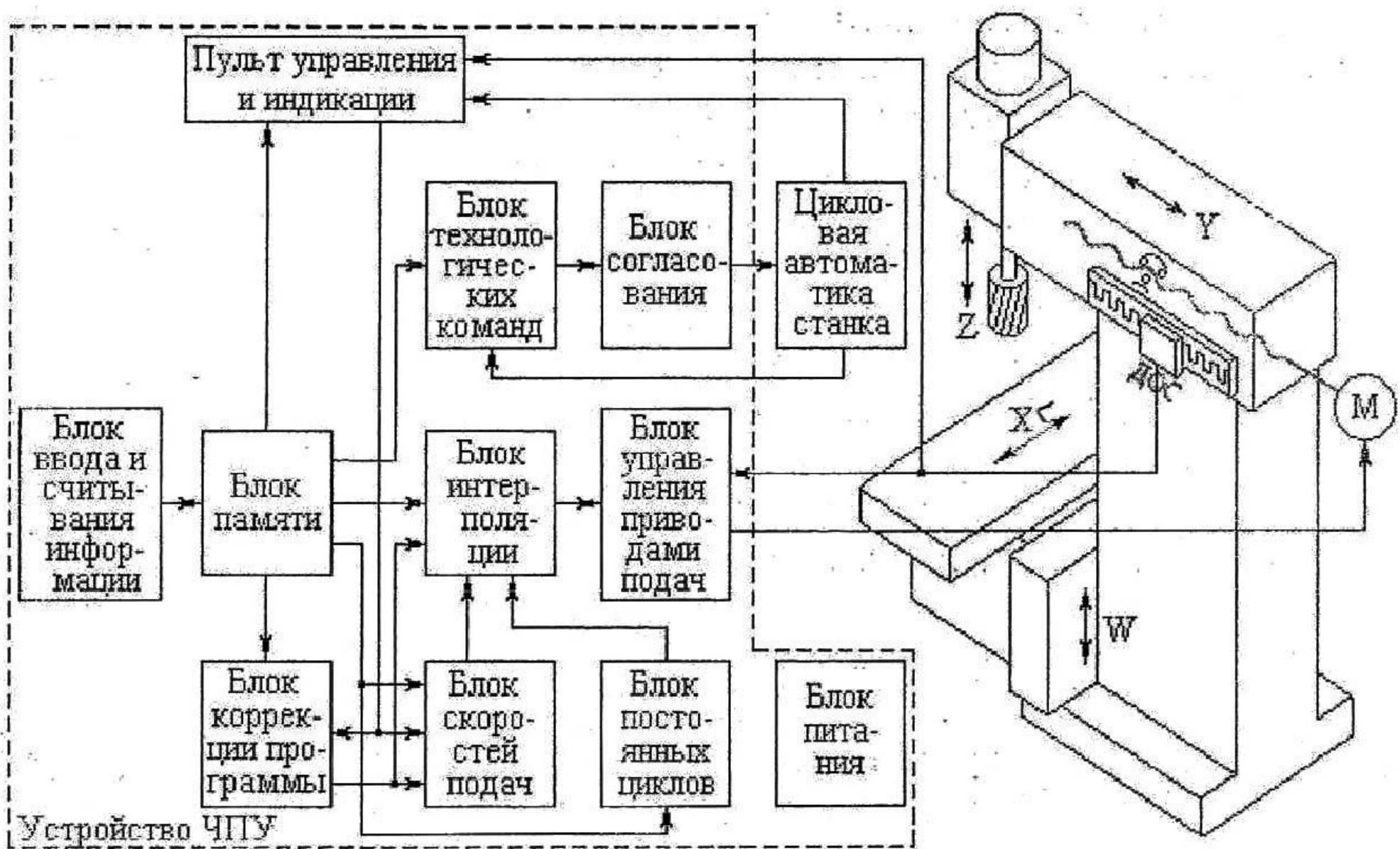


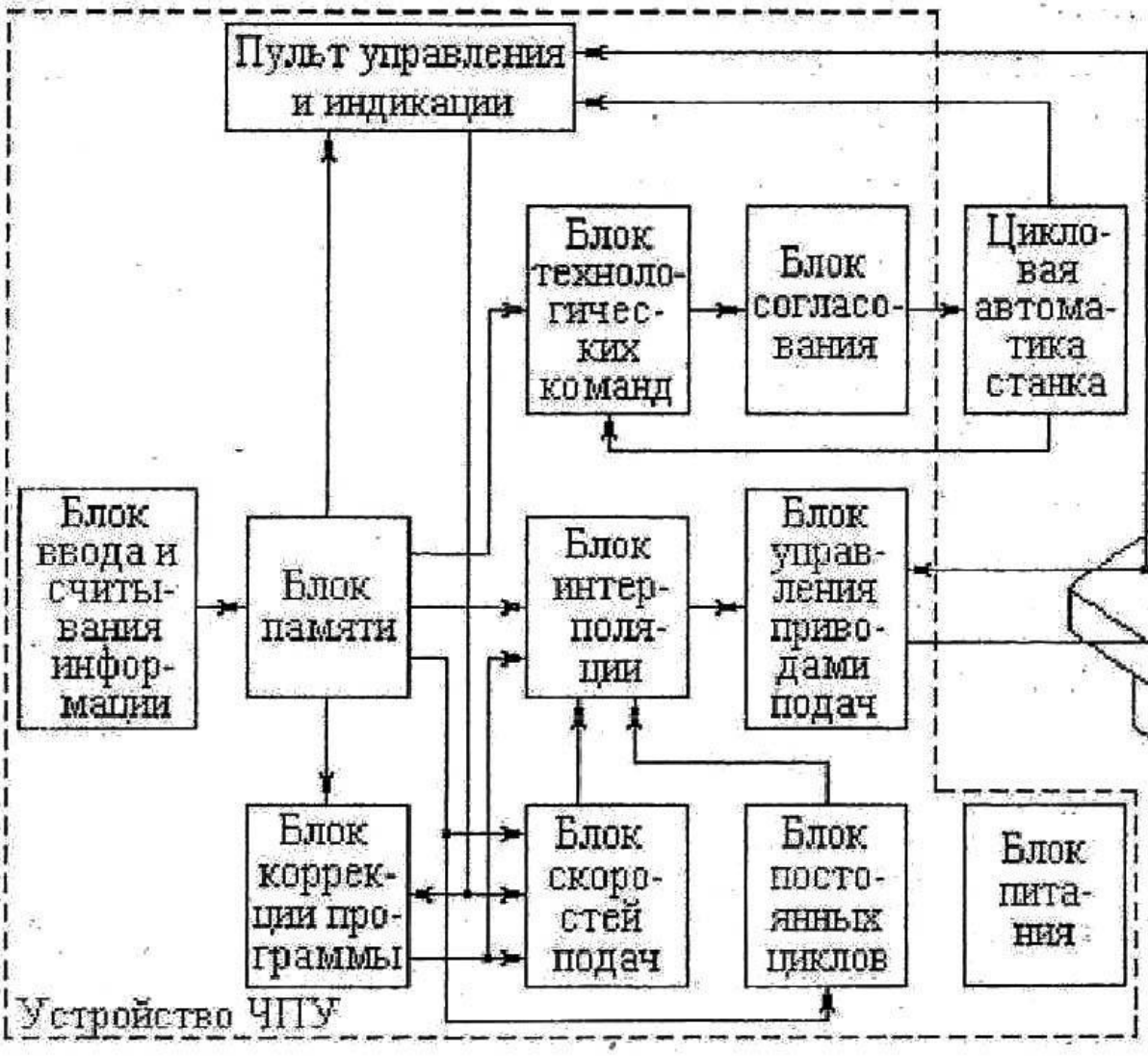
УП – управляющая программа;

СЧПУ – система числового программного управления;

ДОС – датчик обратной связи.

Структурная схема системы ЧПУ

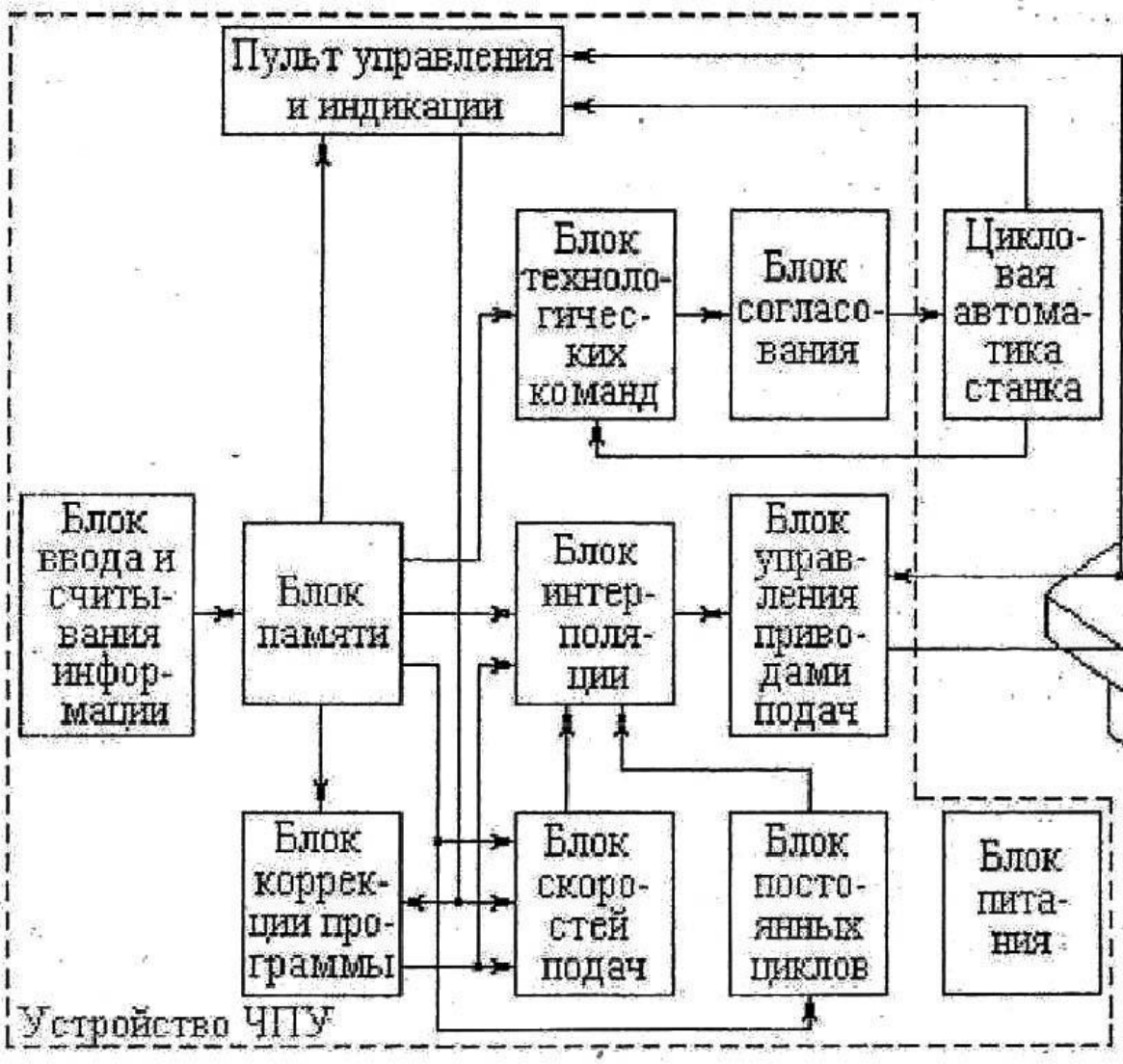




Устройство ЧПУ предназначено для выдачи управляющих воздействий рабочим органам станка в соответствии с программой управления, вводимой в **блок ввода и считывания информации**.

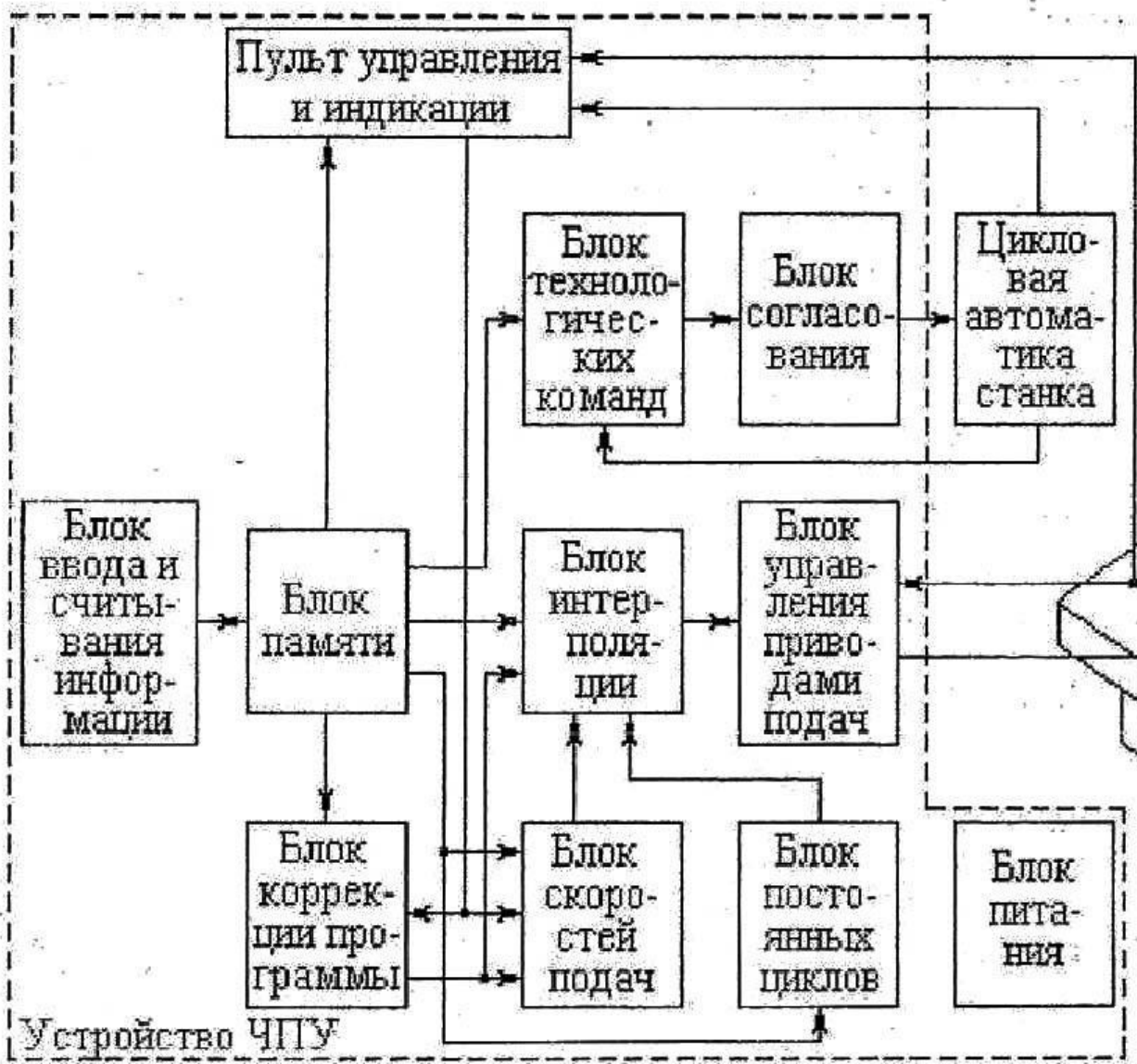
Блок технологических команд служит для управления цикловой автоматикой станка, состоящей в основном из исполнительных элементов типа пускателей, электромагнитных муфт, соленоидов, концевых и путевых выключате-

лей, реле давления и т.д., обеспечивающих выполнение различных технологических команд (смены инструмента, переключения частот вращения шпинделя и др.), а также различных блокировок при работе станка.



Блок интерполяции – специализированное вычислительное устройство (интерполятор) - формирует **частичную** траекторию движения инструмента между двумя или более заданными в программе управления точками. Выходная информация с этого блока, поступающая на **блок управления приводами подач**, обычно представлена в виде последовательности импульсов по каждой координате, частота которых определяет скорость подачи, а число - величину перемещения.

Заданная скорость подачи вдоль обрабатываемого контура детали, а также процессы разгона и торможения обеспечиваются блоком скоростей подач.



Блок коррекции программы служит для изменения запрограммированных параметров обработки: скорости подачи и размеров инструмента (длины и диаметра).

Блок постоянных циклов позволяет упростить процесс программирования при обработке повторяющихся элементов детали, например, при сверлении и растачивании отверстий, нарезании резьбы и др.

Привод подач рабочих органов состоит из приводного двигателя, систем его управления и кинематических звеньев.

Точность перемещения рабочих органов станка с ЧПУ зависит от применяемой схемы управления приводами подач: **разомкнутой** (без системы измерения действительных перемещений управляемого рабочего органа) или **замкнутой** (с системой измерения). Во втором случае контроль точности отработки управляющих сигналов по каждой управляемой координате станка осуществляется датчиком обратной связи (ДОС). Точность данного контроля во многом определяется типом, конструкцией и местом установки датчиков на станке.

В зависимости от вида основных операций механической обработки станки подразделяются на технологические группы:

токарные, фрезерные, сверлильные, сверлильно - фрезерно - расточные, шлифовальные, многооперационные.

По количеству используемого инструмента, станки с ЧПУ подразделяются на:

многоинструментальные, с числом автоматически сменяемых инструментов до 12, как правило станки с инструментальной револьверной головкой;

многооперационные, с числом автоматически сменяемых инструментов более 12, снабженные специальным инструментальным магазином цепного или барабанного типа.

Преимущества станков с ЧПУ.

1. Повышение точности обработки; обеспечение взаимозаменяемости деталей в серийном и мелкосерийном производстве,
2. Сокращение или полная ликвидация разметочных и слесарно-притирочных работ,
3. Простота и малое время переналадки;
4. Концентрация переходов обработки на одном станке, что приводит к сокращению затрат времени на установку заготовки, сокращению числа операций, оборотных средств в незавершенном производстве, затрат времени и средств на транспортирование и контроль деталей;
5. Сокращение цикла подготовки производства новых изделий и сроков их поставки;
6. Обеспечение высокой точности обработки деталей, так как процесс обработки не зависит от навыков и интуиции оператора;

7. Снижение брака по вине рабочего;
8. Повышение производительности станка в результате оптимизации технологических параметров, автоматизации всех перемещений;
9. Возможность использования менее квалифицированной рабочей силы и сокращение потребности в квалифицированной рабочей силе;
10. Возможность многостаночного обслуживания;
11. Сокращение парка станков, так как один станок с ЧПУ заменяет несколько станков с ручным управлением.

Применение станков с ЧПУ позволяет решить ряд социальных задач: ***улучшить условия труда рабочих-станочников, значительно уменьшить долю тяжелого ручного труда, изменить состав работников механообрабатывающих цехов, сделать менее острой проблему нехватки рабочей силы и т. д.***

Общие рекомендации по повышению эффективности использования станков с ЧПУ:

1. Широко использовать многоместные приспособления, обеспечивающие обработку нескольких одинаковых или разных по конструкции деталей (особенно это важно при использовании ГПС, так как на приспособлении могут быть закреплены и изготовлены за один цикл комплекты деталей для одного изделия).

2 Применять промежуточные плиты с точно обработанными отверстиями или пазами, что сокращает время наладки и переналадки оборудования на новую деталь; кроме того, это предохраняет от изнашивания рабочие поверхности стола и т. д.

3 Использовать комбинированный инструмент небольшой длины и точного исполнения, предпочтительно со сменными пластинами с покрытием (в том числе и для сверления и развертывания). Это способствует повышению режимов обработки, стойкости и надежности инструмента, а также снижению затрат времени на смену инструмента и позиционирование стола, и сокращению количества инструментов, необходимых для обработки детали, и числа гнезд в инструментальном магазине.

4 На станке следует иметь устройство для контроля состояния режущей кромки, фиксации времени работы с указанием момента смены инструмента;

5 Весь инструмент необходимо налаживать вне станка.

6 Назначать последовательность обработки отверстий на основе учета реальных затрат времени, т.е., одним инструментом обрабатывать ряд отверстий одного диаметра, или каждое отверстие обрабатывать полностью со сменой инструмента;

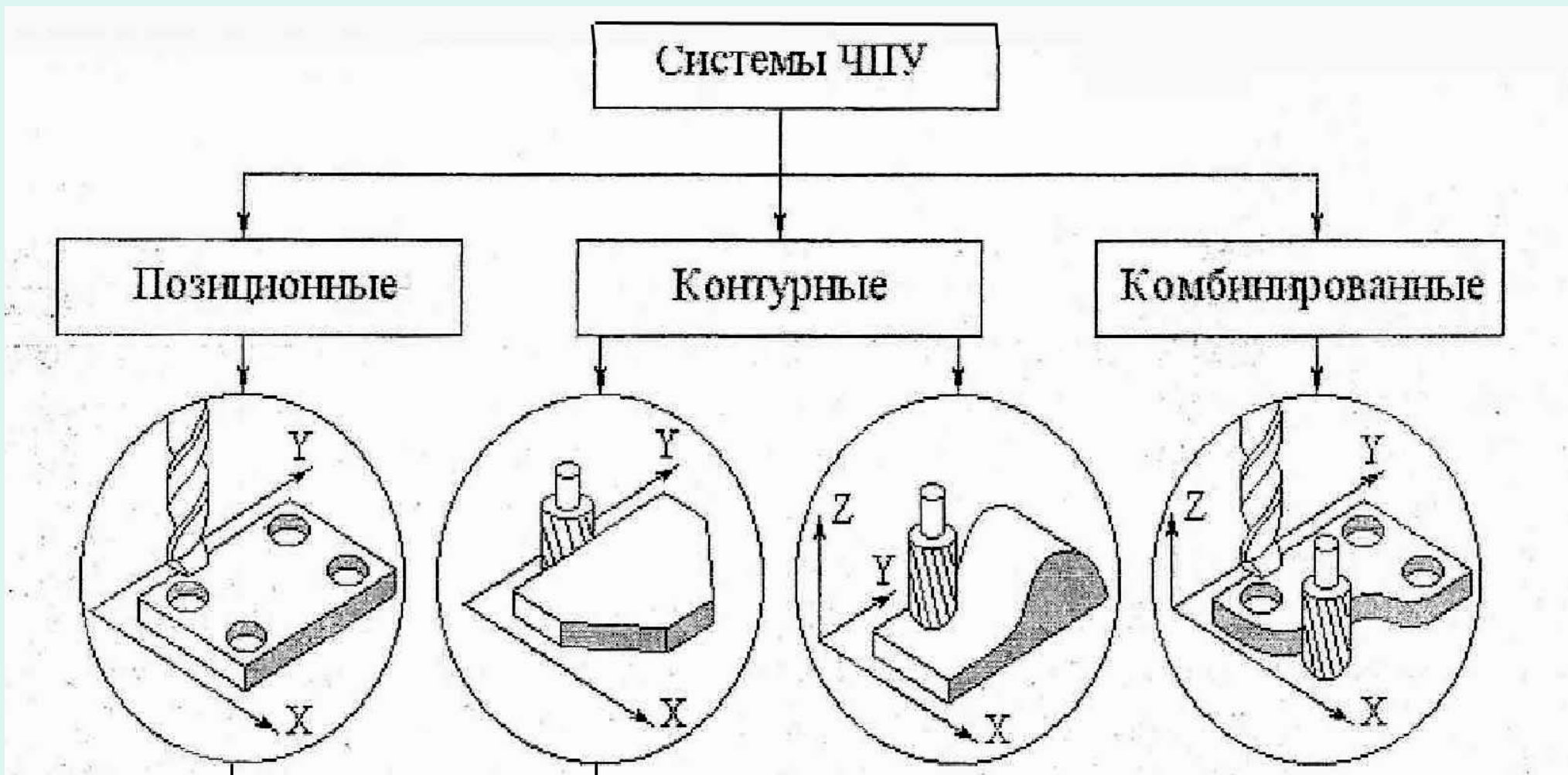
6 В процессе механической обработки вначале выполнять переходы, требующие наибольшей частоты вращения шпинделя, например, вначале целесообразно сверлить отверстие малого, а затем большого диаметра;

7. Избегать частых скачкообразных изменений частот вращения шпинделя;

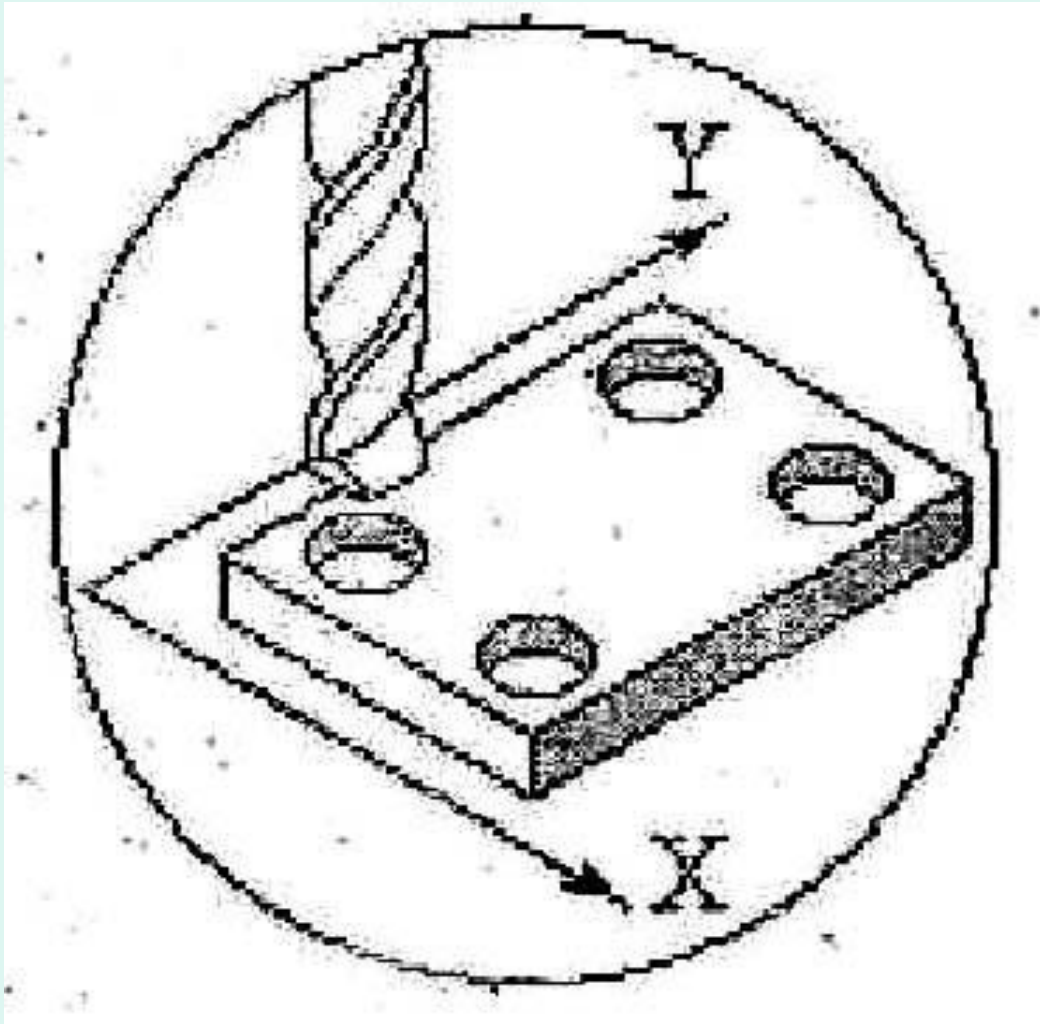
8 Станки с ЧПУ независимо от класса точности должны использоваться только для работ, ограниченных технологическим назначением станка, допустимыми нагрузками, размерами фрез, сверл и т. д.

9 Станки с ЧПУ высокого класса точности не следует использовать для обработки деталей, которые по точности, заданной чертежом, могут быть обработаны на станках более низкого класса точности.

Классификация систем ЧПУ по характеру движения рабочих органов

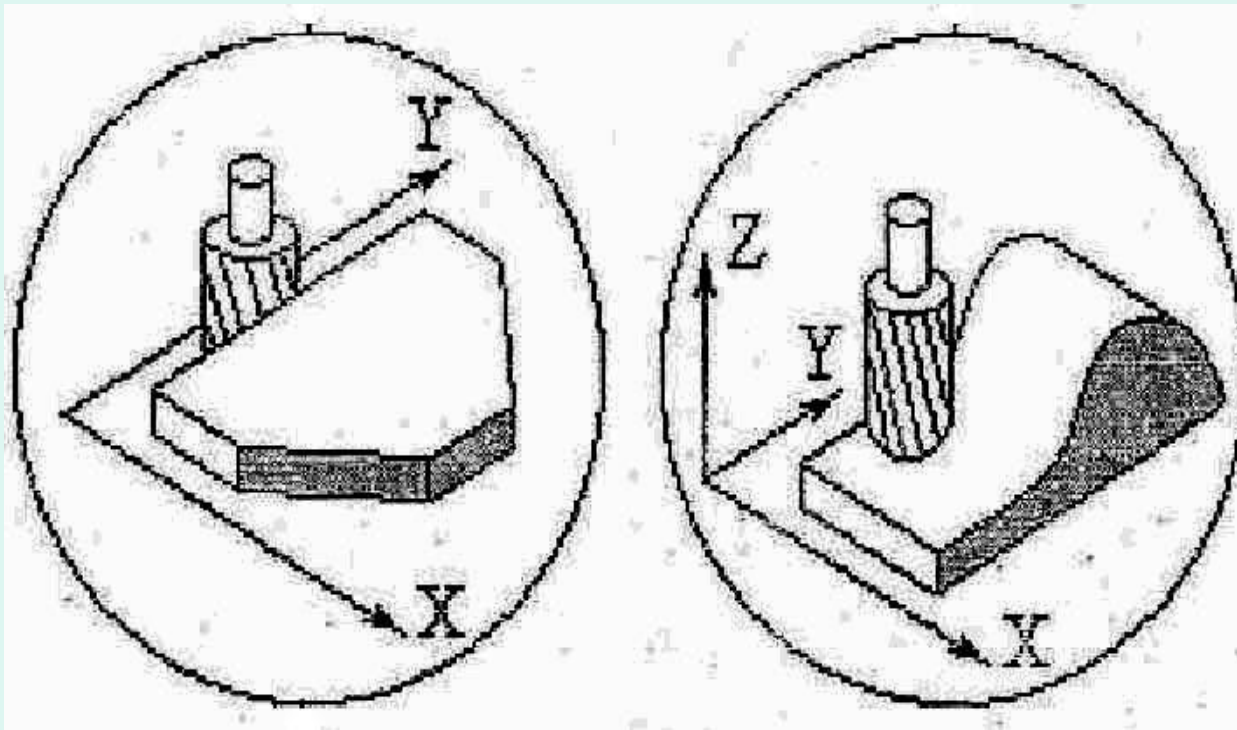


Классификация систем ЧПУ исходя из технологических задач управления обработкой



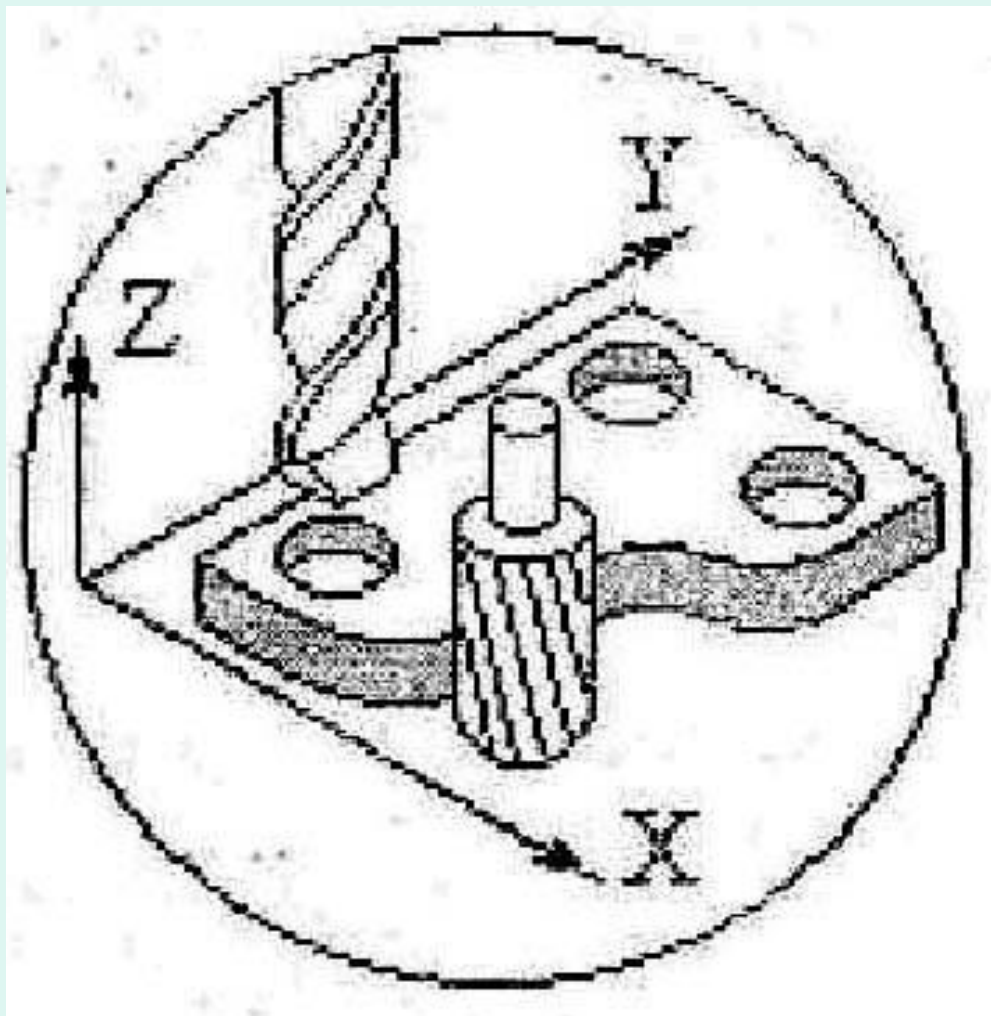
Позиционные системы ЧПУ - обеспечивают управление перемещениями рабочих органов станка в соответствии с командами, определяющими позиции, заданные программой управления. **При этом перемещения вдоль различных осей координат могут выполняться одновременно (при заданной постоянной скорости) или последовательно.** Данными системами оснащают в основном сверлильные и

расточные станки для обработки деталей типа плит, фланцев, крышек и др., в которых производится сверление, зенкерование, растачивание отверстий, нарезание резьбы и др. (например, мод. 2Р135Ф2, 6902МФ2, 2А622Ф2-1).



Контурные системы ЧПУ - обеспечивают управление перемещениями рабочих органов станка по траектории и с **контурной скоростью**, заданными программой управления. **Контурной скоростью** является результирующая

скорость подачи рабочего органа станка, направление которой совпадает с направлением касательной в каждой точке заданного контура обработки. Контурные системы ЧПУ в отличие от позиционных обеспечивают **непрерывное управление перемещениями инструмента или заготовки поочередно или сразу по нескольким координатам** в результате чего может обеспечиваться обработка очень сложных деталей (с управлением одновременно по более чем двум координатам). Контурными системами ЧПУ оснащены в основном токарные и фрезерные станки (например, мод. 16K20Ф3, 6P13Ф3).



Комбинированные системы ЧПУ, сочетают функции позиционных и контурных систем ЧПУ. Являются наиболее сложными и более универсальными. В связи с повышением степени автоматизации станков с ЧПУ, усложнением) и расширением их технологических возможностей (особенно многооперационных) применение комбинированных систем ЧПУ значительно возрастает (например, мод. ИР500МФ4, ИР320ГШФ4; 2206ПМФ4, 6305Ф4).

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 преднабор координат или цифровую индикацию. Исходную программу работы задает **станочник**.

В моделях станков с ЧПУ для обозначения степени автоматизации добавляется буква **Ф** с цифрой:

- Ф 1** – станки с цифровой индикацией и преднабором координат;
- Ф 2** – станки с позиционными системами ЧПУ;
- Ф 3** – станки с контурными системами ЧПУ;
- Ф 4** – станки с комбинированной системой ЧПУ для позиционно - контурной обработки.

Кроме того, к обозначению модели станка с ЧПУ могут прибавляться приставки С1, С2, С3, С4 и С5, что указывает на различные модели систем ЧПУ, применяемых в станках, а также на различные технологические возможности станков. Например, станок модели 16К20Ф3С1 оснащен системой ЧПУ «Контур 2ПТ-71», станок модели 16К20Ф3С4 – системой ЧПУ ЭМ907 и т. д.

Для станков с **цикловыми системами ПУ**, где в качестве управляющих элементов являются концевые переключатели, упоры и т. д., в обозначении модели введен **индекс Ц**, с **оперативными системами** – **индекс Т** (например, 16К20Т1).

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают:

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);

адаптивные системы ЧПУ, 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 системы ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизированного программирования.)

В соответствии с международной классификацией, все устройства ЧПУ по уровню технических возможностей делятся на основные классы:

NC - Numerical Control - созданы на основе счетно-решающих аналоговых устройств, в следствии чего имеют "жесткую" архитектуру адаптированную к конкретной модели станка, как правило на основе шагового привода. При каждом цикле обработки заготовки, УП считывается по кадрам – один обрабатывается, другой записывается в буферное запоминающее устройство. При таком режиме работы, значительные нагрузки на считывающее устройство и материал программносителя, поэтому нередко возникают сбои системы.

SNC - Stored Numerical Control - сохраняют все свойства класса **NC** но отличаются от них увеличенным объемом памяти.

CNC - Computer Numerical Control - выполнены на основе микроЭВМ и позволяют создавать устройства ЧПУ совмещающие функции управления станком (как правило с приводами на основе двигателей постоянного тока) и решения отдельных задач подготовки **УП**. Особенность систем данного класса заключается в

возможности изменять и корректировать в период эксплуатации как **УП** обработки детали, так и свойства функционирования самой системы, в целях максимального учета особенностей модели, данного станка. В запоминающее устройство системы **CNC**, УП вводится полностью, с программоносителя или в режиме диалога с **ПУ** станка.

DNC - Direct Numerical Control - сохраняют все свойства систем класса **CNC** и при этом имеют возможность обмена информацией с центральной ЭВМ обслуживающей группу станков, производственный участок или цех.

Системы управления привода подач в станках с ЧПУ

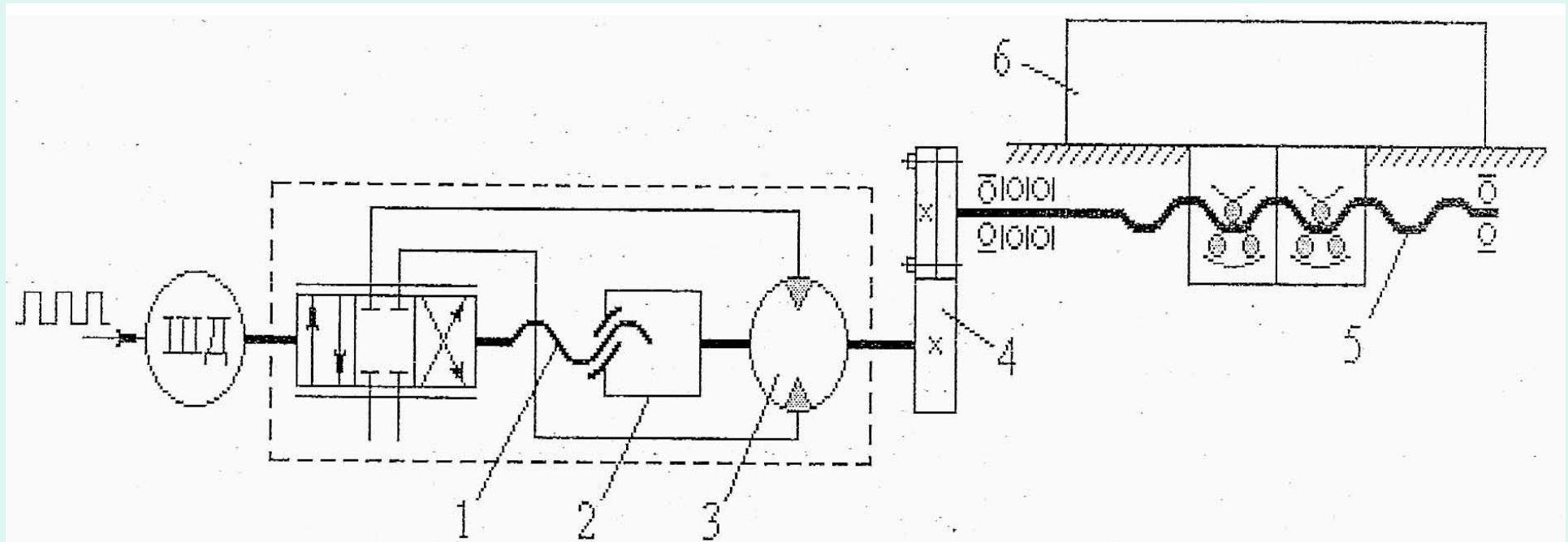
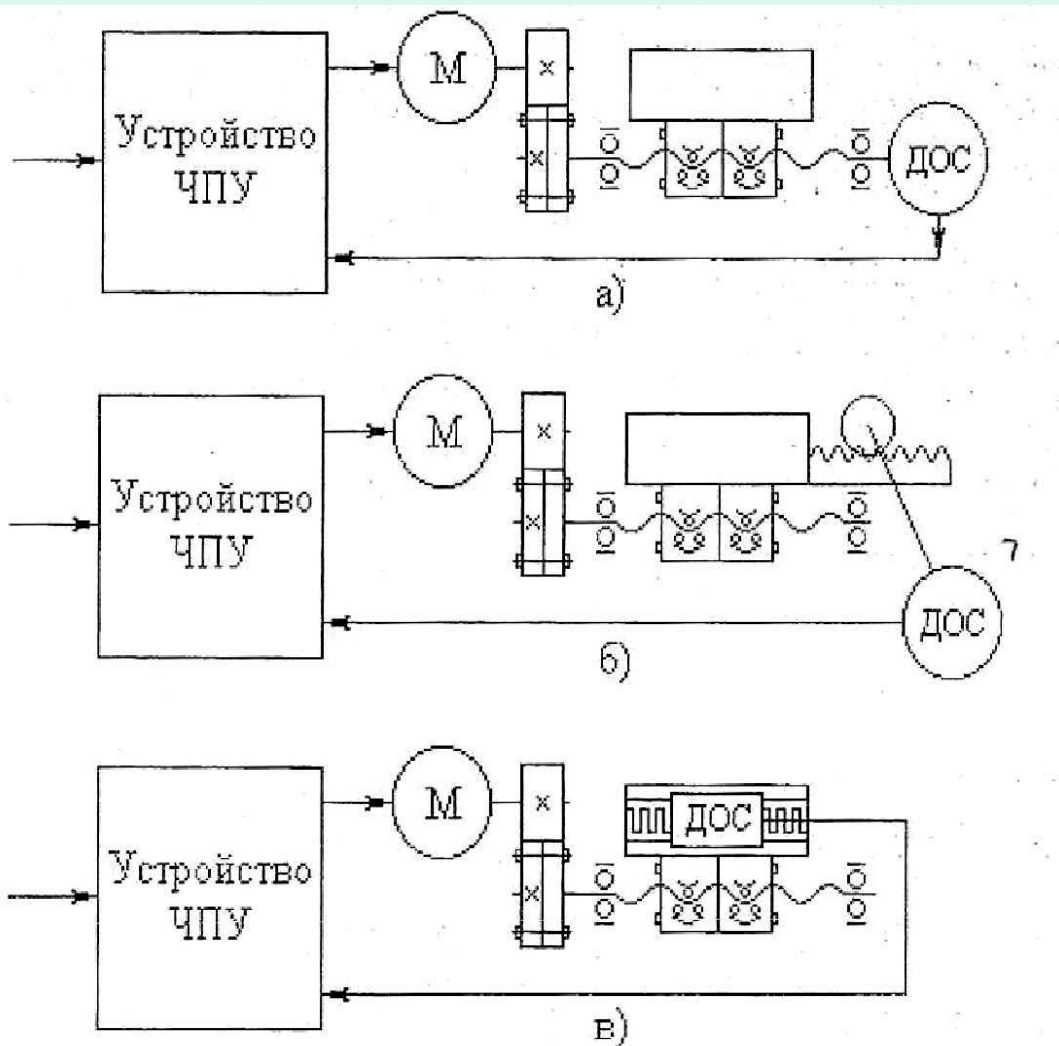


Схема разомкнутой системы управления привода подач станка с ЧПУ: 1,2,3, - элементы гидропривода; 4 – зубчатая пара; 5- ходовой винт; 6 – рабочий орган станка с ЧПУ

Разомкнутые системы характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к исполнительному органу станка.

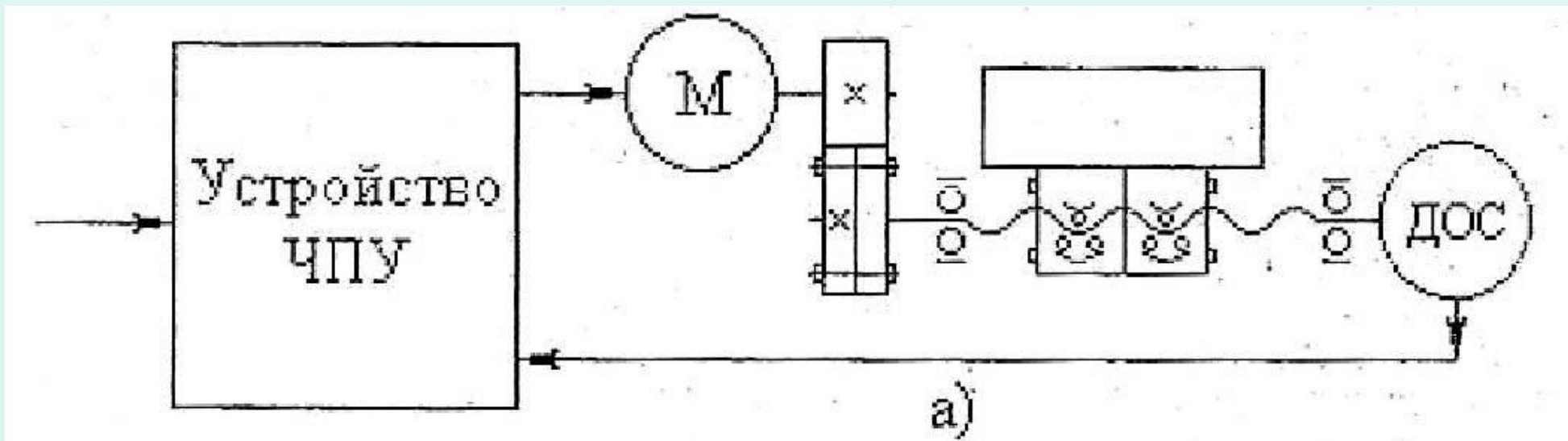
Недостаток - нет датчика обратной связи и поэтому отсутствует информация о действительном положении исполнительных органов станка.



Замкнутые системы ЧПУ - характеризуются двумя потоками информации – от считывающего устройства и от датчика обратной связи по пути. В этих системах рассогласование между заданными и действительными величинами перемещений исполнительных органов устраняется благодаря наличию обратной связи. В основе работы замкнутых систем ЧПУ лежит принцип следящих систем управления.

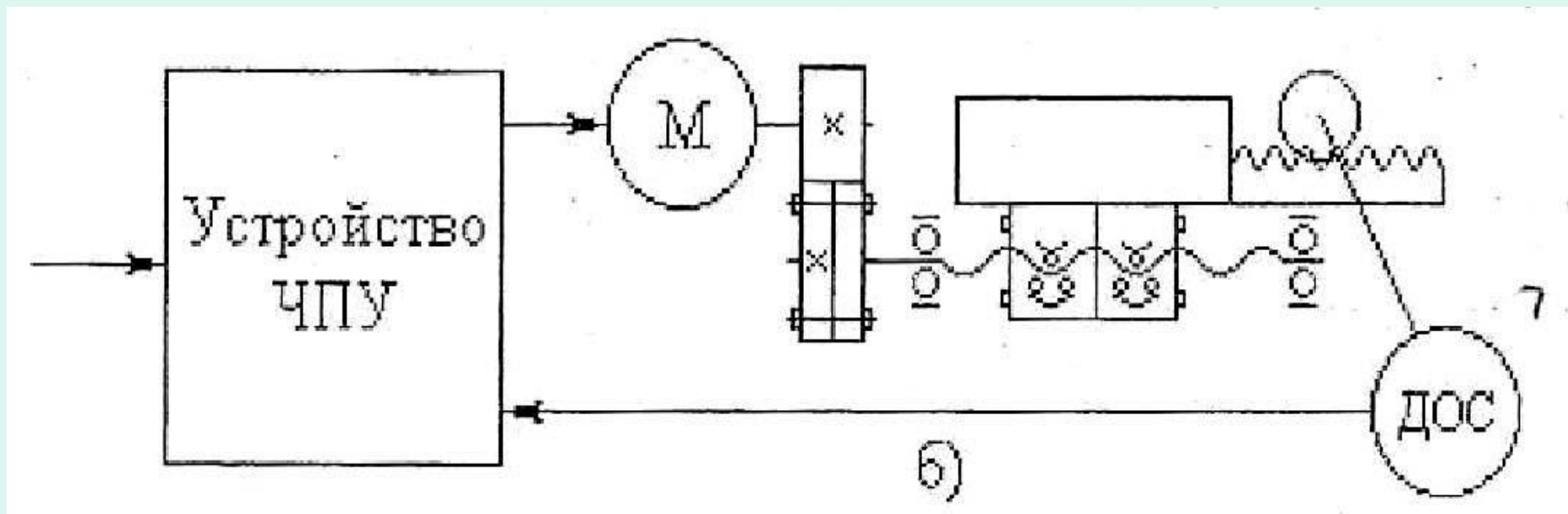
Структурные схемы замкнутых систем ЧПУ:

- а) - замкнутая с круговым ДОС на ходовом винте;
- б) – замкнутая с круговым ДОС и реечной передачей
- в) - замкнутая с линейным ДОС на рабочем органе станка



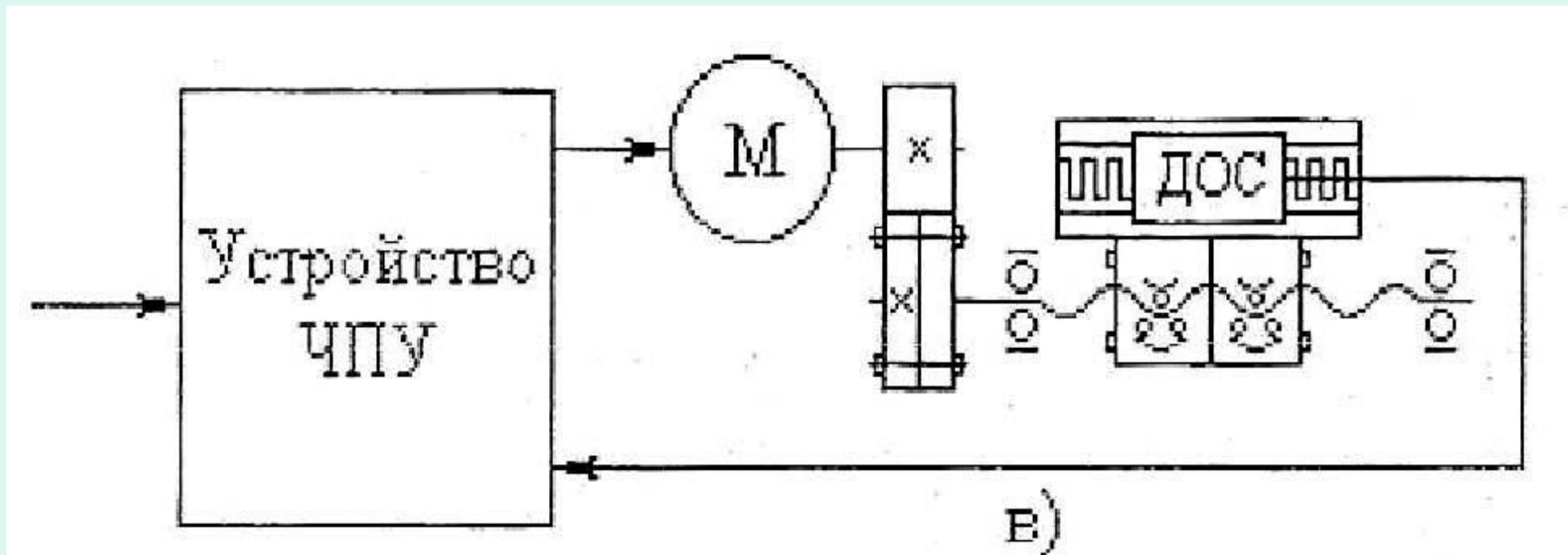
Замкнутая система ЧПУ с круговым ДОС на ходовом винте

В подобных системах ЧПУ производится косвенное измерение положения рабочего органа с помощью **кругового ДОС**, установленного на **ходовом винте**. Данная схема достаточно проста и удобна с точки зрения установки ДОС. Габаритные размеры применяемого датчика не зависят от величины измеряемого перемещения. При применении круговых ДОС, устанавливаемых на ходовом винте, **высокие требования предъявляются к точностным характеристикам передачи винт-гайка** (точность изготовления, жесткость, отсутствие зазоров), которая в этом случае **не охватывается обратной связью**.



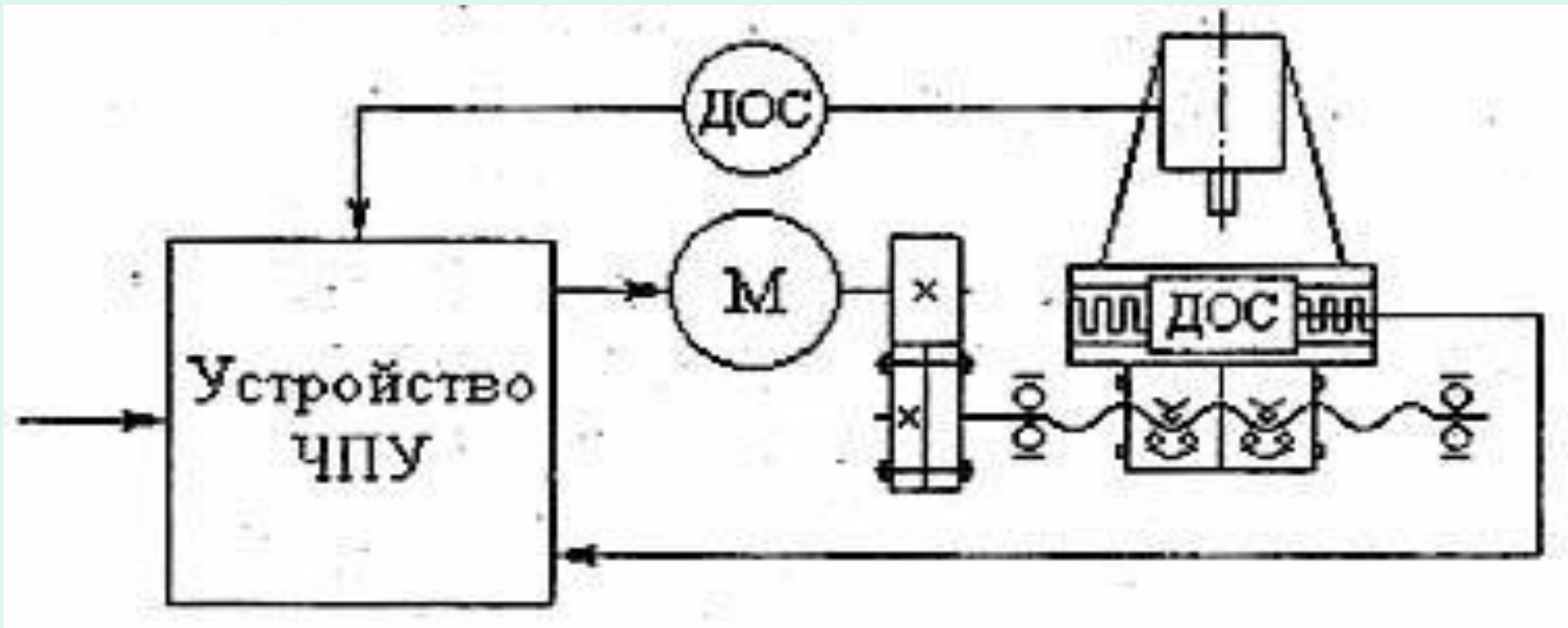
Замкнутая система ЧПУ с круговым ДОС и реечной передачей

Замкнутые системы ЧПУ этого типа также используют круговой ДОС, но измеряющий перемещение рабочего органа станка через реечную передачу. В данном случае система обратной связи охватывает все передаточные механизмы привода подачи, включая и передачу винт-гайка. Однако, на точность измерений перемещений могут влиять погрешности изготовления реечной передачи. Во избежание этого необходимо применять прецизионную реечную передачу с рейкой, длина которой зависит от величины хода рабочего органа станка. В ряде случаев это усложняет и удорожает систему обратной связи.



Замкнутая система ЧПУ с линейным ДОС на рабочем органе станка

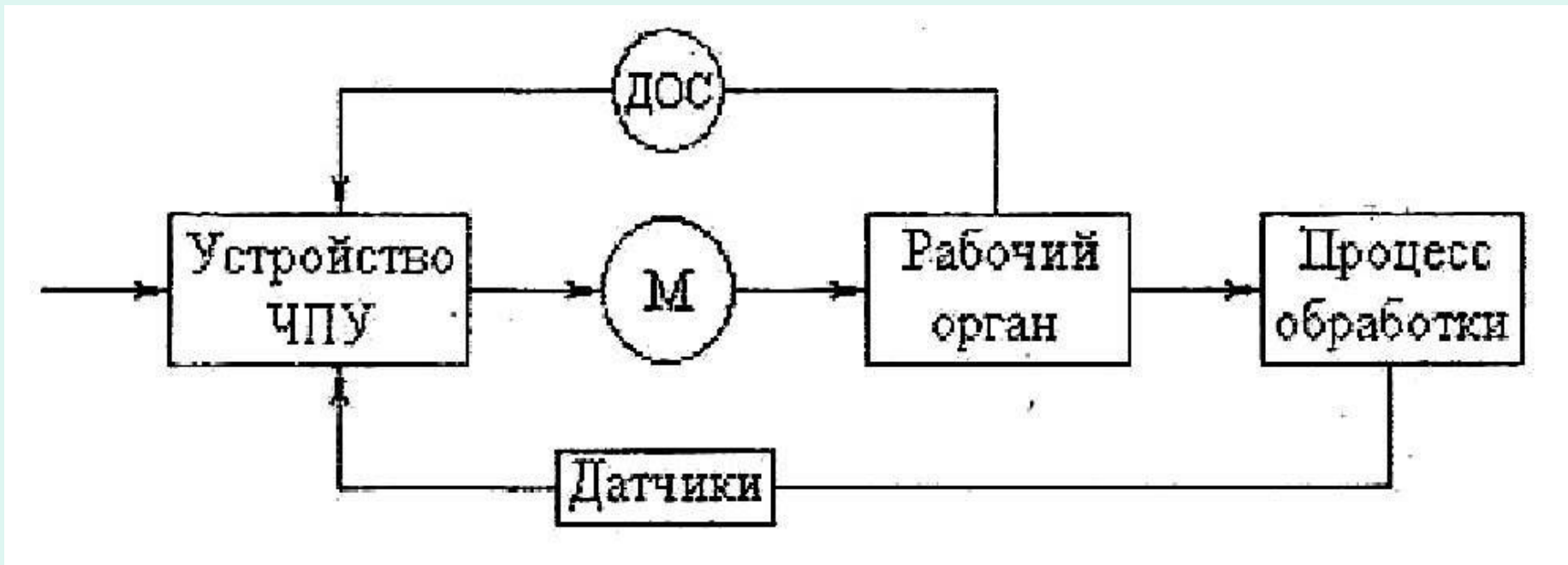
Подобные системы ЧПУ оснащены **линейными ДОС** обеспечивающими **непосредственное измерение перемещения рабочего органа станка**. Это позволяет охватить обратной связью все передаточные механизмы привода подачи, что обеспечивает высокую точность перемещений. Однако **линейные ДОС сложнее и дороже**, чем круговые; их габаритные размеры зависят от длины хода рабочего органа станка. На точность работы **линейных ДОС** могут влиять погрешности станка (например, износ направляющих, тепловые деформации и др.).



Структурная схема системы ЧПУ с компенсирующим учетом погрешностей станка

Системы ЧПУ с компенсирующим учетом погрешностей станка

оснащены дополнительными системами обратной связи, с датчиками, учитывающими погрешности станка (тепловые деформации, вибрации, износ направляющих и др.)



Структурная схема адаптивной системы ЧПУ

Адаптивные (самоприспосабливающиеся) системы ЧПУ

характеризуются тремя потоками информации: 1) от считывающего устройства; 2) от датчика обратной связи по пути; 3) от датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения, колебания припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под управлением станком?
2. В чем отличие ручного управления от автоматического?
3. На какие виды управлений по своему функциональному назначению разделяют автоматическое управление?
4. Что понимают под числовым программным управлением?
5. Назовите основные элементы входящие в устройство ЧПУ.
6. Назовите основные преимущества станков с ЧПУ?
7. Назовите общие рекомендации по повышению эффективности использования станков с ЧПУ?
8. Как классифицируют системы ЧПУ и их обозначение.
9. Назовите способы ввода управляющих программ.
10. Назовите классы устройств с ЧПУ по уровню технических возможностей. В чем их различие?
11. Какие схемы приводов подач используют в станках с ЧПУ и в чем их различие?

11.