

Министерство образования Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Методические указания для подготовки, кодирования и записи
управляющих программ на токарных станках,
оснащенных УЧПУ классов SNC, CNC и HNC*



Орск 2009

УДК 621.941
ББК 34.6
П78

Рецензент

Веселовский А. А., кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ОГТИ (филиал) ГОУ ОГУ

П 78 Программирование на станках с ЧПУ : методические указания для подготовки, кодирования и записи управляющих программ на токарных станках, оснащенных УЧПУ классов SNC, CNC и HNC / сост. Г. А. Акимова, С. Н. Сергиенко, А. А. Веселовский. – Орск : Издательство ОГТИ, 2009. – 79 с.

Составители:

*Акимова Г. А., старший преподаватель;
Сергиенко С. Н., старший преподаватель;
Веселовский А. А., кандидат технических наук, доцент
(кафедра технологии машиностроения ОГТИ)*

В указаниях рассмотрены вопросы подготовки, кодирования и записи управляющих программ на токарных станках, оснащенных УЧПУ классов CNC и HNC.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 151001(120100), при изучении дисциплины «Программирование на станках ЧПУ».

© Акимова Г. А., 2009
© Сергиенко С. Н., 2009
© Веселовский А. А., 2009
© Издательство ОГТИ, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1 ПОДГОТОВКА К СОСТАВЛЕНИЮ ПРОГРАММ	6
1.1 Заготовки	6
1.2 Система координат для токарного станка с ЧПУ и обработки...6	6
1.3 Приспособление для крепления заготовок	8
1.4 Особенности конструкции резцов для токарных станков с ЧПУ	8
1.5 Технологические особенности токарной обработки на станках с ЧПУ	10
1.6 Типовые схемы траекторий инструмента	12
2 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ (УЧПУ Н22-1М)	15
2.1 Использование устройства третьего поколения на базе интегральных элементов	15
2.2 Использование модели «Электроника НЦ-31»	30
2.3 Использование модели «Электроника-60» (программа 2Р22)..57	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	73

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания предназначены для практического программирования контурной токарной обработки на станках с ЧПУ, кодирования и записи управляющих программ классов SNC, CNC и HNC.

Станки, оснащенные УЧПУ класса SNC, в настоящее время имеются в практике предприятий, но выпуск систем этого класса уже прекращен. Это достаточно простые системы управления с ограниченным числом информационных каналов. Их основным недостатком является то, что для обработки каждой следующей заготовки партии системе ЧПУ приходится вновь читать все кадры перфоленты. Но схема работы этих систем является очень показательной и определяет существо программного управления. В данной работе она рассматривается на примере программы группы УЧПУ H22-1M при обработке на станке модели 16K30Ф3С5.

Развитие вычислительной техники, уменьшение габаритов ее элементов, расширение функциональных возможностей привело к внедрению в производство системы класса CNC, в которой блоки выдачи технологических команд находятся в требуемой логической последовательности, используются системные органы управления и индикации, каналы обмена данными с центральной ЭВМ. Появляется возможность изменять и корректировать в период эксплуатации как УП обработки детали, так и программы функционирования самой системы в целях максимального учета особенностей данного станка. Каждая из выполненных функций обеспечивается своим комплексом подпрограмм, которые увязываются общей координирующей программой-диспетчером. В данных указаниях система класса CNC рассматривается на примере группы УЧПУ 2P22 при обработке на станке модели 16K20Ф3С32.

Современные УЧПУ класса HNC построены на базе лучших УЧПУ класса CNC, лишь формально отличаясь от последних отсутствием устройства для ввода УП с перфолент. Оперативные УЧПУ позволяют ручной ввод программ в электронную память ЭВМ УЧПУ непосредственно прямо с пульта, где после отладки она фиксируется до окончания обработки партии одинако-

вых заготовок. Такие системы позволяют вести подготовку УП непосредственно у станка по чертежу детали без каких-либо особых предварительных работ технологического характера. В данных указаниях построение программы системы класса HNC рассматривается на примере группы УЧПУ НЦ-31 на станке модели 16K20T1, которая является главной отечественной программой этого класса.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо составить управляющие программы токарной обработки с использованием устройств контурного и комбинированного управления Н22-1М, 2Р22 и НЦ-31.

1 ПОДГОТОВКА К СОСТАВЛЕНИЮ ПРОГРАММ

1.1 Заготовки

В качестве заготовок для деталей средних размеров, обрабатываемых на токарных станках с ЧПУ в условиях производства с малой и средней серийностью, используется разрезанный прокат, поковки и отливки. При диаметрах заготовок от 50 мм и выше используются штучные заготовки на одну деталь. Для деталей, максимальный диаметр которых меньше 50 мм, возможно использование одной заготовки на несколько деталей.

Заготовки для деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцов подрезан. Допустимые отклонения по длине не должны превышать 0,6 мм.

При использовании в качестве заготовок поковок необходимо предварительно обтачивать поверхности, используемые для закрепления на станке с ЧПУ. Термообработка заготовок (улучшение), если она требуется, должна проводиться перед обработкой на токарном станке с ЧПУ.

1.2 Система координат для токарного станка с ЧПУ и обработки

а – при переднем (или нижнем) расположении инструментальной головки;

б – при заднем (или верхнем) расположении инструментальной головки.

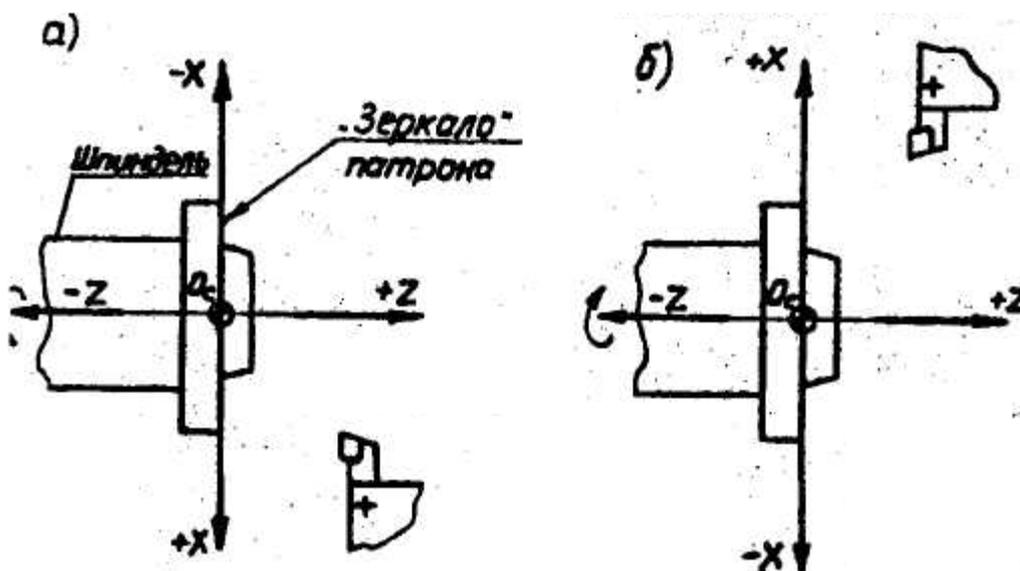
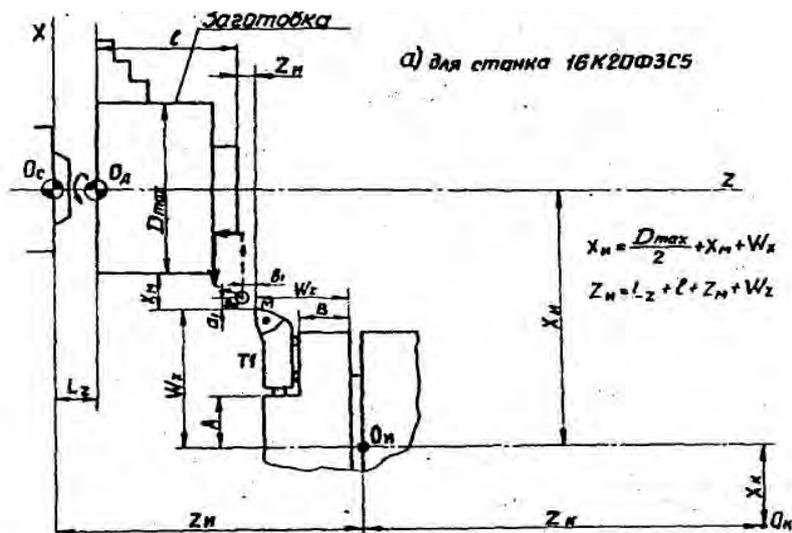
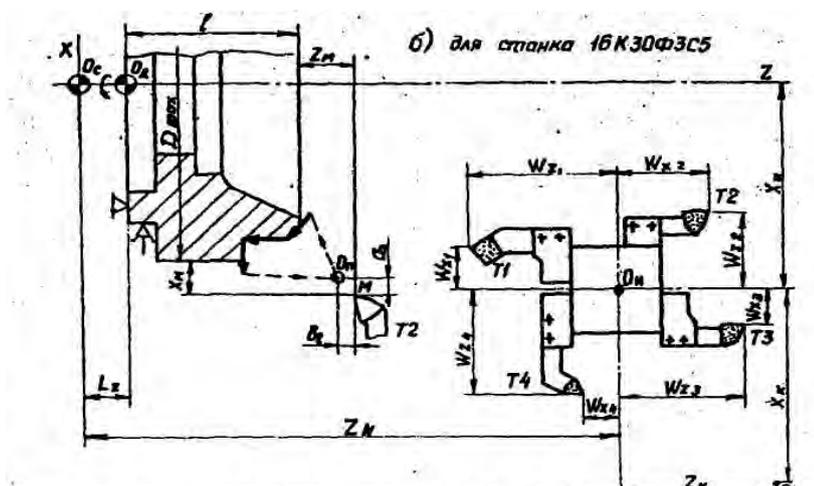


Рис. 1.2.1 Оси координат токарного станка с ЧПУ



O_c – нуль станка; O_d – нуль детали; $O_{и}$ – нуль инструмента; $O_{п}$ – нуль программы (исходная точка); O_k – «крайняя точка»; M – вершина инструмента; A и B – постоянные величины инструментальной головки; a и b – параметры смещения нуля (от M до $O_{п}$); W_x и W_z – вылеты инструментов; L_z – постоянная величина по оси Z – расстояние от O_c до O_d ; X_M , Z_M – безопасные расстояния от детали до вершины инструмента

Рис. 1.2.2 Система координат для станка 16К30Ф3С5



O_c – нуль станка; O_d – нуль детали; $O_{и}$ – нуль инструмента; $O_{п}$ – нуль программы (исходная точка); O_k – «крайняя точка»; M – вершина инструмента; A и B – постоянные величины инструментальной головки; a и b – параметры смещения нуля (от M до $O_{п}$); W_x и W_z – вылеты инструментов; L_z – постоянная величина по оси Z – расстояние от O_c до O_d ; X_M , Z_M – безопасные расстояния от детали до вершины инструмента

Рис. 1.2.3 Система координат для токарной обработки

1.3 Приспособление для крепления заготовок

Для закрепления заготовок токарные станки с ЧПУ оснащают, как правило, автоматическими патронами (пневматическими, гидравлическими, электромеханическими и т. д.). Кулачки в таких патронах имеют относительно небольшой ход. Для изготовления деталей различных размеров и форм на одном станке требуется комплект кулачков, центров и поводков. Состав комплекта определяется спецификой производства и номенклатурой выпускаемых деталей.

При закреплении заготовки в патроне за необрабатываемую (черную) поверхность применяют термически обработанные «твердые» (HRC 60) кулачки с рифлениями на поверхности крепления, а при закреплении за окончательно проточенные поверхности – «мягкие» (HRC 40) кулачки с гладкой поверхностью крепления.

Применение «мягких» кулачков позволяет в случае необходимости растачивать их для лучшего центрирования заготовки.

При обработке заготовок валов, закрепляемых в центрах, в качестве поводков широко применяются различные конструкции поводковых центров.

1.4 Особенности конструкции резцов для токарных станков с ЧПУ

Основными требованиями, предъявляемыми к резцам для станков с ЧПУ, являются:

- обеспечение высокой износостойкости;
- универсальность, то есть возможность одним инструментом выполнить большое число переходов;
- быстрая сменность и стабильность положения рабочих вершин и режущих кромок.

Этим требованиям отвечают резцы, у которых режущая твердосплавная пластина не напаивается, а закрепляется на державке механически.

Для токарных станков с ЧПУ широкое применение находят резцы с механическим креплением неперетачиваемых многогранных пластин.

Державки токарных резцов для обработки наружных поверхностей деталей выполняется трех габаритов по длине стержня – полномерные, укороченные и вставки резцовые. В зависимости от конструкции инструментальной головки или резцедержателя токарного станка с ЧПУ используется тот или иной габарит резца.

Полномерные резцы используются на станках, где предусмотрены сменные инструментальные блоки. Резец в блоке настраивается на определенные координаты W_x и W_z в специальном приспособлении вне станка.

Настроенный блок с резцом устанавливается на станок, при этом обеспечивается точность обработки. Корпус укороченных резцов и вставок резцовых снабжен установочными винтами, с помощью которых резцы настраивают вне станка на определенные вылеты по осям X и Z .

1) Проходные резцы с пластиной квадратной формы и углом $\varphi = 45^\circ$; предназначены для наружной обточки, проточки торцов деталей, проточки выточек, снятия фасок; режущая пластина прижимается клином сбоку; наибольшее применение находят при обработке фланцевых деталей в патронах.

2) Проходные упорные резцы с пластиной трехгранной формы с углом $\varphi = 92^\circ$; предназначены для наружной обточки, проточки торцов деталей; наибольшее применение находят при обработке ступенчатых валов.

3) Контурные резцы с параллелограммными пластинами $\varphi = 63^\circ$; позволяют производить обточку деталей по цилиндру, протачивать обратный конус с углом спада до 30° , обрабатывать радиусные поверхности и галтели, протачивать торцы движением от центра детали к наружному диаметру, вытачивать резьбовую канавку или канавку под выход шлифовального круга; режущая пластина базируется по боковым граням и закрепляется прихватом сверху.

4) Контурные резцы с параллелограммными пластинами $\varphi = 93^\circ$; позволяют производить обработку полусферических поверхностей, конических поверхностей с углом спада до 57° .

5) Прорезные (канавочные) резцы с призматическими пластинами; режущая пластина прижимается прихватом сверху; ширина пластины – 3-6,5 мм.

В последние годы получили распространение резцы и вставки резцовые с квадратными и ромбическими пластинами, которые крепятся к державке штифтом (стандарт M123). Расположение пластины в корпусе позволяет применять резцы как при работе на проход при обтачивании по наружному диаметру, так и при подрезке торца.

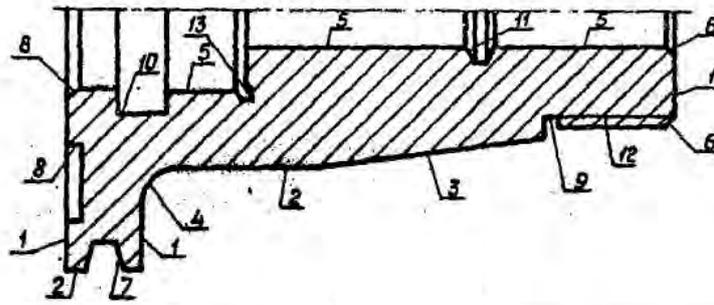
Для растачивания отверстий применяются резцы, зажимаемые в блоках инструментальной головки. В зависимости от диаметра и длины растачиваемого отверстия применяются расточные резцы различных конструкций с механическим креплением многогранных пластин.

1.5 Технологические особенности токарной обработки на станках с ЧПУ

Поверхности деталей, обрабатываемых на токарных станках с ЧПУ, складываются из плоскостей, перпендикулярных к оси вращения, соосность цилиндров, конусов, сфер и поверхностей вращения с произвольной криволинейной образующей, а также винтовых поверхностей, формирующих резьбу.

С технологической точки зрения поверхности детали делятся на основные и дополнительные (рис. 1.5.1). К основным относят поверхности, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\varphi = 93^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\varphi = 32^\circ$, то есть цилиндрические, прямолинейные, конические и сферические наружные и торцевые поверхности, а также фаски и неглубокие (до 1,5 мм) канавки.

Поверхности, формирование которых не может быть выполнено упомянутым инструментами, являются дополнительными. К ним относятся торцевые и угловые канавки для выхода шлифовального круга, канавки прямоугольные и трапецеидальные (желоба), а также резьбовые поверхности.



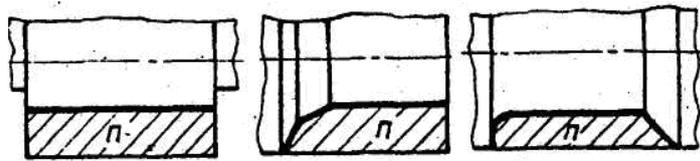
Основные: 1 – торцовая, 2 – цилиндрическая наружная, 3 – коническая наружная, 6 – фаска; дополнительные: 7 – канавка трапецеидальная наружная, 8 – канавка (выточка) торцовая, 9 – канавка прямоугольная наружная, 10 – канавка прямоугольная внутренняя, 11 – канавка трапецеидальная внутренняя, 12 – резба, 13 – угловая канавка.

Рис. 1.5.1 Основные и дополнительные поверхности детали

Общая технологическая схема обработки деталей на токарном станке с ЧПУ: 1) черновая обработка основных поверхностей; 2) черновая обработка дополнительных поверхностей; 3) чистовая обработка основных поверхностей (она может выполняться тем же инструментом, которым выполнялась черновая обработка или отдельным чистовым инструментом); 4) чистовая обработка поверхностей, не требующая черновой обработки; 5) чистовая обработка поверхностей, не требующая черновой обработки; 6) чистовая обработка дополнительных поверхностей. В случае обработки детали с центральным отверстием после чернового подрезания торца производится обработка отверстия.

Токарную операцию начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных черновых рабочих ходов, которые выполняются вдоль оси детали, перпендикулярно к оси или под углом к ней. Первый рабочий ход предусматривает удаление с поверхности поковки или отливки корней (окалины, наклепа или отбела) и исправление погрешностей формы заготовки. Последующие черновые рабочие ходы выполняются с постоянной или постепенно уменьшающейся глубиной резания. Если глубина резания для последнего чернового рабочего хода оказалась большой, то следует несколько увеличить глубину резания предыдущих.

1.6 Типовые схемы траекторий инструмента

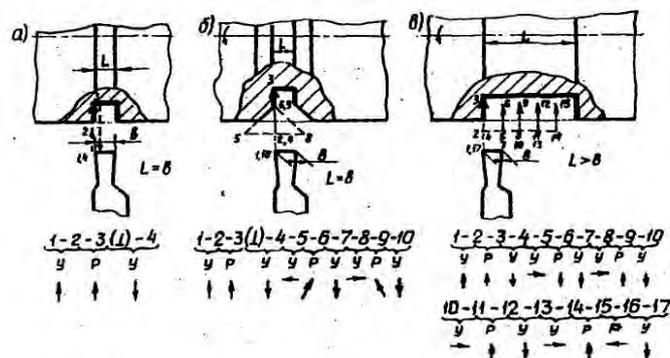


Открытая Полуоткрытая Закрытая
п – припуск

Рис. 1.6.1 Виды зон выработки

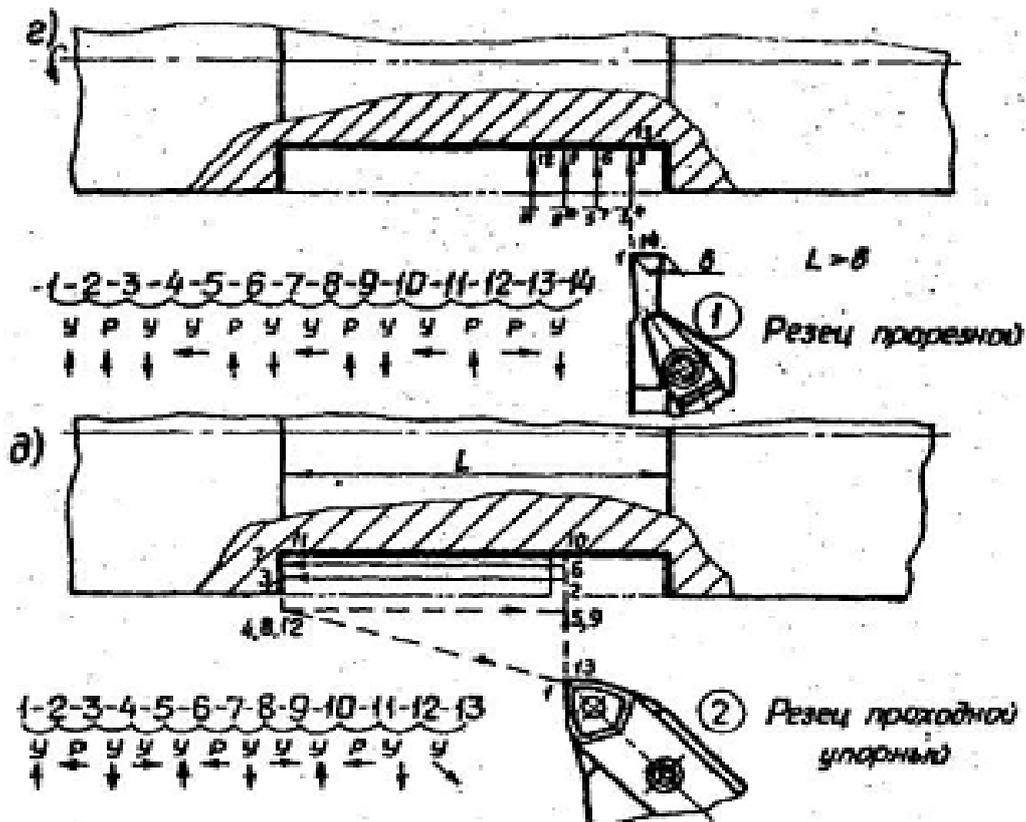
Схема	Зона		
	открытая	полуоткрытая	закрытая
Петля			
Зигзаг			
Вытак			
Спуск			

Рис. 1.6.2 Типовые схемы траекторий вершины



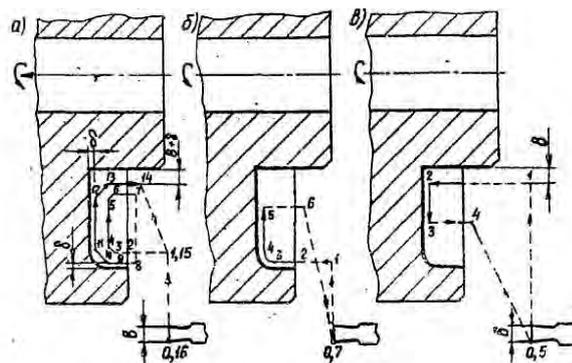
а – прямоугольная узкая канавка ($L = v$); б – прямоугольная канавка с фасками ($L = v$); в – широкая канавка ($L > v$); Р – рабочее движение подачи; \perp – выдержка времени; У – ускоренное движение

Рис. 1.6.3 Типовые схемы обработки канавок и выточек, лист 1



а – широкой канавки (выточка); б – широкой канавки с предварительным прорезанием по схеме «спуск» и доработкой по схеме «спираль»; Р – рабочее движение подачи; У – ускоренное движение.

Рис. 1.6.4 Типовые схемы обработки канавок и выточек



а – черновой рабочий ход; б и в – чистовые рабочие хода; в – ширина режущей кромки; δ – припуск на чистовую обработку.

Рис. 1.6.5 Схема обработки выточки

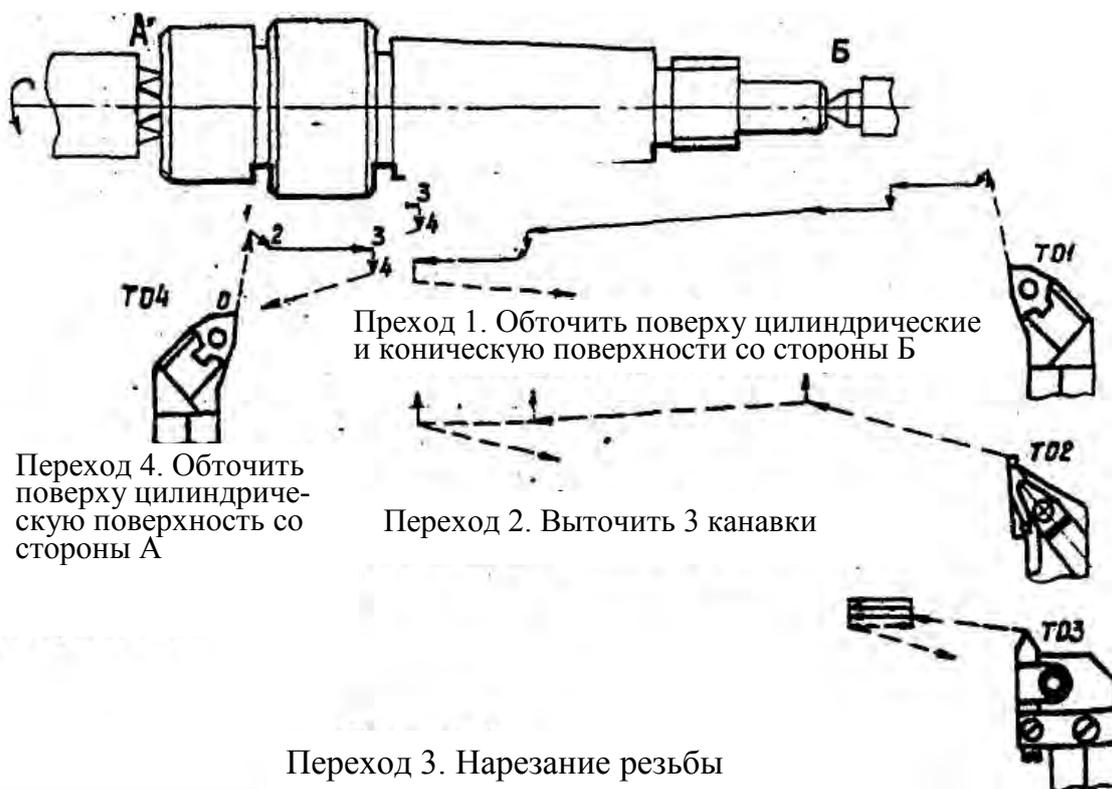


Рис. 1.6.6 Схема операционного технологического процесса обработки детали

2 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ (УЧПУ Н22-1М)

2.1 Использование устройства третьего поколения на базе интегральных элементов

Устройство Н22-1М контурного управления, построено на интегральных схемах ИМС-155, предусматривается смена инструментов, ввод программы в приращениях и абсолютных координатах. Устройство включает двух координатных линейно-круговой интерполятор, обеспечивает коррекцию положения инструмента (6 мест).

Подготовительные функции

У ЧПУ станка осуществляет следующие подготовительные функции (см. табл. 2.1.1):

Таблица 2.1.1

Подготовительные функции по адресу G

Код G-функции	Значение G-функции
G01	Линейная интерполяция, нормальные размеры (пятизначное число импульсов)
G10	Линейная интерполяция, длинные размеры (шестизначное число импульсов)
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке, нормальные размеры
G20	Круговая интерполяция по часовой стрелке, длинные размеры
G21	Круговая интерполяция по часовой стрелке, короткие размеры
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки, нормальные размеры
G30	Круговая интерполяция против часовой стрелки, длинные размеры
G31	Круговая интерполяция против часовой стрелки, короткие размеры
G04	Выдержка времени («пауза»)
G25	Возврат в «крайнюю точку станка»
G26	Работа в относительной системе координат (в приращениях)
G27	Работа в абсолютной системе координат
G33	Режим нарезания резьбы
G40	Отмена коррекции
G58	Ввод плавающего нуля (смещение «0»)

Вспомогательные команды

Вспомогательные команды задаются функцией М с трехзначным числом. Первая цифра может быть: 0 – без выдачи ответа от станка о выполнении команды и 1 – с выдачей ответа.

Вторая и третья цифра – условные обозначения команды.

М 100 – останов по программе. Для продолжения нажимается кнопка «работа».

М 101 – останов по программе с подтверждением (зажигается лампочка индикации в окошке «М» на пульте). Отрабатывает только при включенном тумблере «технологический останов».

М 102 – конец программы. Записывается последним кадром.

М 103 – вращение шпинделя по часовой стрелке (от токаря). Может записываться в одном кадре с функцией S.

М 104 – вращение шпинделя против часовой стрелки (на токаря). Действует так же, как и М103.

М 105 – технологический останов шпинделя для контроля размеров, удаления стружки и др. Отменяется функциями М 103 и М 104.

М 108 – включение охлаждения.

М 109 – выключение охлаждения.

М 113 – вращение шпинделя по часовой стрелке с включением охлаждения.

М 114 – вращение шпинделя против часовой стрелки с включением охлаждения.

Программирование частоты вращения шпинделя

Коробка скоростей станка 16К20Ф3С5 обеспечивает три диапазона частот вращения шпинделя по девяти ступеней в каждом диапазоне (всего 27 частот вращения).

Диапазоны частот вращения шпинделя

Диапазон	Ступени, об/мин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	50	71	100	140	200	280	400	560	800
3	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Установка требуемого диапазона производится вручную рычагом, расположенным на передней стенке коробки скоростей. Переключение девяти ступеней в пределах диапазона производится при помощи электромагнитных муфт автоматически по командам от управляющей программы. Частота вращения задается функцией S с трехзначным числом. Первая цифра может быть 0 или 1, то есть без «ответа от станка» или «с ответом» (см. пояснение в 4.2).

Вторая цифра указывает на диапазон частот вращения, а третья – на номер ступени в пределах диапазона.

Примеры: S 118; n = 140 об/мин; S 125; n = 200 об/мин; S 039; n = 2000 об/мин.

**Программирование скорости перемещения суппорта
(величины минутной подачи)**

Скорость подачи (или «величина подачи») задается по адресу F пятью цифрами. Первая цифра после адреса – признак состояния генератора импульсов: 1 – первый диапазон подач (режим разгона) в пределах от 1 до 1200 мм/мин по оси Z или от 600 мм/мин по оси X (соответствует состоянию генератора 8000 Гц); 2 – второй диапазон подач (режим торможения) в пределах от 0,05 до 0,6 мм/мин (соответствует состоянию генератора 400 Гц); 7 – признак быстрого хода с разгоном и торможением в одном кадре.

В режиме «разгон» величина подачи задается четырехзначным числом – мм/мин. Пример: F 10600 – подача 600 мм/мин.

Таблица 2.1.3

Поддачи, задаваемые в режиме «разгон», мм/мин

7	11	20	41	82	160	325	650
8	12	22	45	90	180	355	710
9	13	24	49	98	195	387	775
10	14	26	53	106	212	425	850
	15	29	58	115	230	462	925
	16	31	63	125	250	500	1000
	18	34	68	136	272	545	1090
	19	37	75	150	300	600	1200

Практически можно записывать и любые промежуточные значения подач, однако в работе будет ближайшее меньшее табличное значение.

В режиме «торможение» величина подачи задается четырехзначным числом импульсов в 20 раз большим, чем требуемая подача.

Таблица 2.1.4

Поддачи в режиме «торможение»

Программируемая величина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Фактическая подача, мм/мин	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6

Пример: F 20009 – подача 0,45 мм/мин; F 20012 – подача 0,6 мм/мин.

Помимо приведенных выше табличных значений величины подачи в режиме «торможения», можно задавать подачу 60 мм/мин (F 21200) и 120 мм/мин (F 22400).

Скорость быстрого хода по координате Z равняется 4800 мм/мин, а по координате X – 2400 мм/мин. Быстрый ход программируется после адреса F и признака 7 четырьмя нулями (F 70000).

При задании режима быстрого хода перемещение допускается только по одной из координат. При холостом пробеге на расстояние менее 40 мм следует программировать не быстрый ход, а максимальную подачу по паспортным данным (1200 мм/мин).

Задание величины подачи может осуществляться отдельным кадром, либо в одном кадре с геометрической информацией (перед ней или после).

Программирование линейных перемещений (линейная интерполяция)

Перед кадрами с геометрической информацией на линейные перемещения задается функция G с признаком размерности. G01 – нормальные размеры (пятизначное число, определяющее количество подаваемых импульсов) от 00000 до 99999. G10 – длинные размеры (шестизначное число) от 000000 до 999999.

G 11 – короткие размеры (четырёхзначное число) от 0000 до 9999.

После функции G с признаком размерности записывается признак оси координат (X или Z), знак направления движения P0 и величина перемещения в импульсах с размерностью, указанной в признаке размерности.

Программирование в относительной системе (в приращениях)

Размер в приращении: линейный или угловой размер, задаваемый в управляющей программе и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка.

Программирование в абсолютной системе

Абсолютный размер: линейный или угловой размер, задаваемый в управляющей программе и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета.

При задании в УП абсолютных размеров опорных точек, то есть при работе в абсолютной системе координат (признак G27) после адресов X и Z задается числовая информация, соответствующая конечной точке участка относительно принятого нуля выбранной системы координат детали (в импульсах). Точкой, принятой за начало координат детали, может быть центр левого или правого торца заготовки.

Программирование движения рабочего органа по дуге окружности (круговая интерполяция)

При обработке фасонного участка детали (тела вращения), являющегося отрезком радиусной дуги, программа перемещения центра инструмента по дуге задается в пределах одного квадранта. Признаком круговой интерполяции является функция G02 (G20, G21) или (G30, G31)

Функции круговой интерполяции

Направление перемещения РО		Размерность
по часовой стрелке	против часовой стрелки	
G02	G03	Нормальные размеры (пятизначное число)
G20	G30	Длинные размеры (шестизначное число)
G21	G31	Короткие размеры (четырёхзначное число)

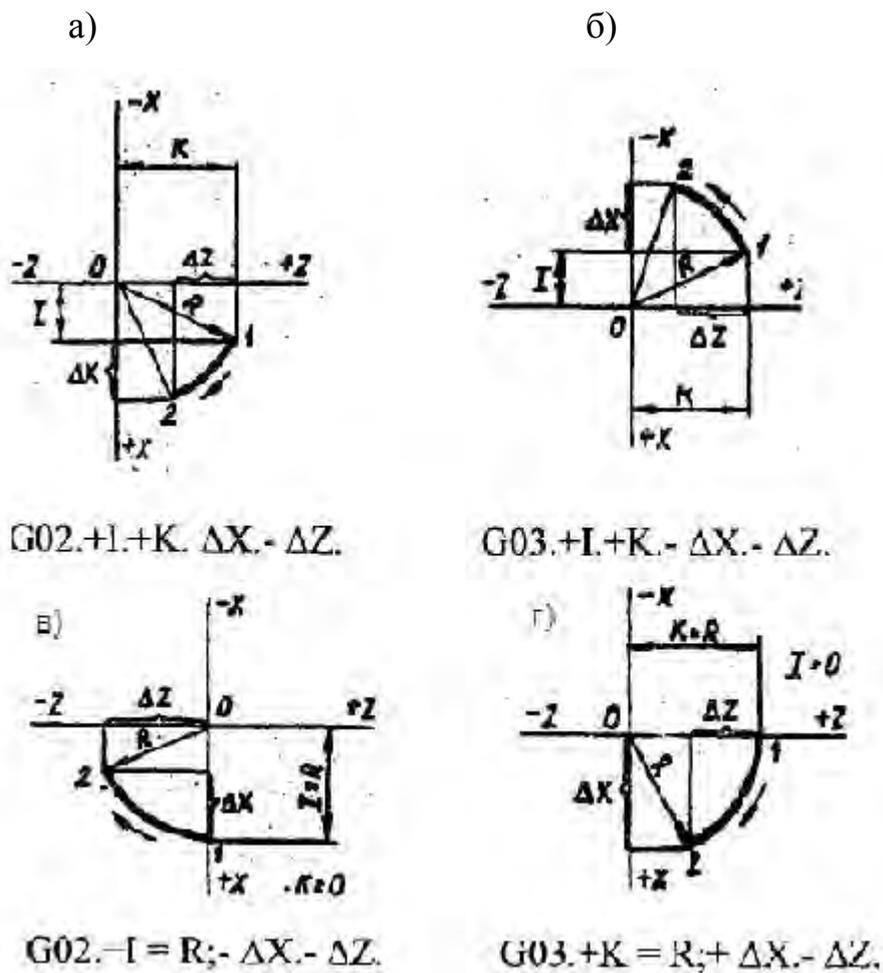
После функции G02 (G20, G21) или G03 (G30, G31) в программе задаются координаты точки начала дуги относительно центра дуги (точки 0) по адресам: I по оси X, K – по оси Z (всегда со знаком «+») и величины приращений ΔX и ΔZ по осям X и Z со своими знаками.

Структура кадра: N03 G02 + I + Kx ΔX x ΔZ xFLF.

Преимущества парной коррекции перед заданием соответствующих перемещений по программе заключается в возможности регулирования величины отвода без изменений в УП.

С помощью размерных корректоров можно решать следующие задачи:

- 1) устранить погрешность размерной настройки инструмента;
- 2) скомпенсировать величины отжатий, возникающих от действия сил резания;
- 3) периодически корректировать положение режущей кромки инструмента, изменяющееся в результате размерного износа инструмента и температурных деформаций системы;
- 4) при обработке одним резцом нескольких поверхностей с различными допусками получить размеры в середине полей допусков, не затрудняя программирование;
- 5) устранить погрешность, возникшую при смене направления движения, добавив к запрограммированной величину, равную зоне нечувствительности («мертвому ходу»).



а, б – дуга расположена внутри квадранта;
 в, г – начало дуги лежит на одной из осей

Рис. 2.1.1 Схема круговой интерполяции при токарной обработке

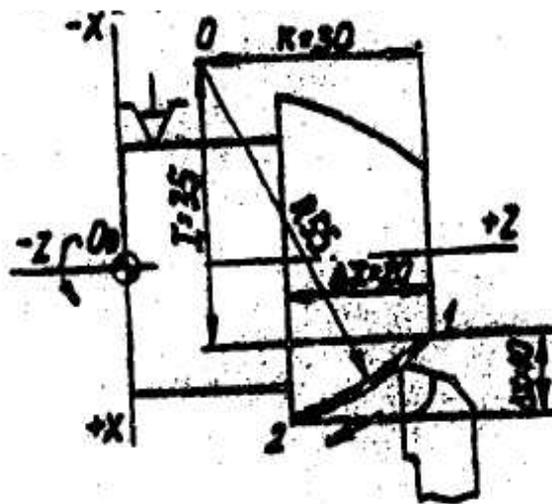


Рис. 2.1.2 Пример круговой интерполяции
 (дуга расположена внутри квадранта)

Программирование нарезания резьбы

Для нарезания резьбы необходима связь между вращением шпинделя и подачей суппорта.

В отличие от жесткой кинематической связи для токарно-винторезных станков с ручным управлением на токарных станках с ЧПУ эта связь осуществляется синхронизацией линейной интерполяции движения подачи с вращением шпинделя при помощи установленного на нем датчика углового положения.

Программирование резьбонарезания производится только в относительной системе.

В кадре для нарезания резьбы резцом задается:

- подготовительная функция G33;
- геометрическая информация по адресу Z – длина участка с резьбой (с учетом пути врезания и перебега) – шестизначным числом со знаком направления движения резца;
- информация по адресу X – число импульсов с датчика резьбонарезания на один оборот шпинделя (шестизначное число всегда со знаком «+»).

При шаге резьбы $P = 2,5$ мм $X = 256$ импульсов ($X + 000256$)

$2,56 < P \leq 5,12$; $X = 512$ имп.

$5,12 < P \leq 10,24$; $X = 1024$ имп.

$10,24 < P \leq 20,48$; $X = 2048$ имп.

$20,48 < P \leq 40$; $X = 4096$ имп.;

- информация по адресу D – шаг резьбы в импульсах (шестизначное число всегда со знаком «+»).

Пример: Шаг нарезаемой резьбы $P = 1,5$ мм. Длина резьбового участка $l = 22,5$ мм, ширина зарезьбовой канавки $v = 3$ мм.

$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Р}} + 2P + h/2 = 22,5 + 2 * 1,5 + 3/2 = 27$ мм.

Кадр нарезания резьбы:

...N016G33X+000256Z-002700D+0001580LF

Кадр нарезания резьбы повторяется в УП столько раз, сколько задано рабочих ходов (проходов) с учетом шага резьбы и требуемой степени шероховатости.

Максимальная частота вращения шпинделя в режиме резбонарезания $n = 1800$ об/мин. Произведение шага резьбы на частоту вращения не должно превышать 1200 мм/мин. ($P \cdot n \leq 1200$).

Пример разработки управляющей программы для УЧПУ H22-1M

Исходные данные

Обрабатываемая деталь – «валик резьбовой» (переработанный чертеж с простановкой размеров от одной базы дан на рис. 2.1.3). Материал – сталь 45, $\sigma_B = 750$ МПа. Заготовка – прокат $\varnothing 70$ мм обычной точности, $\ell = 115$ мм. Припуск на подрезание торца – 3 мм. Станок 16K20ФЗС5. Крепление заготовки – в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне с упором расточенных кулачков.

Намечаем технологический маршрут токарной обработки.

Переходы:

1) обточить поверху $\varnothing 24$, конус с $\varnothing 30$ на $\varnothing 40$, $\varnothing 40$ и радиусные переходы начерно с оставлением припуска на чистовую обработку;

2) подрезать торец начерно в размер 113 мм. Для переходов 1 и 2 резец (вставка) проходной упорный трехгранный с пластижкой T15K6 AP-714;

3) подрезать торец начисто в размер 112 мм и обточить фаску $2 \times 45^\circ$. Для переходов 3 и 4 резец (вставка) контурной упорный с параллелограммной пластижкой T15K6;

4) обточить поверху $\varnothing 24$, конус с $\varnothing 30$ на $\varnothing 40$, $\varnothing 40 - 0,1$ и радиусные переходы начисто;

5) проточить канавку шириной $v = 3$ мм до $0,22$ мм в размер 80 мм от левого торца;

6) нарезать резьбу M24*1,5 на длину 29 мм. Резец (вставка) резьбовой T15K6 AP-704.

Определяем режимы резания.

Переход 1. Черновое обтачивание и подрезание торца. Зону черновой выборки распределяем на участки: 5 участков с глубиной 4 мм и 1 участок с глубиной 2 мм (см. рисунок 2.1.3). Для чернового подрезания торца $t = 2$ мм. Принимаем схему движения (траекторию) вершины резца – «петля», а для подрезания торца – «спуск».

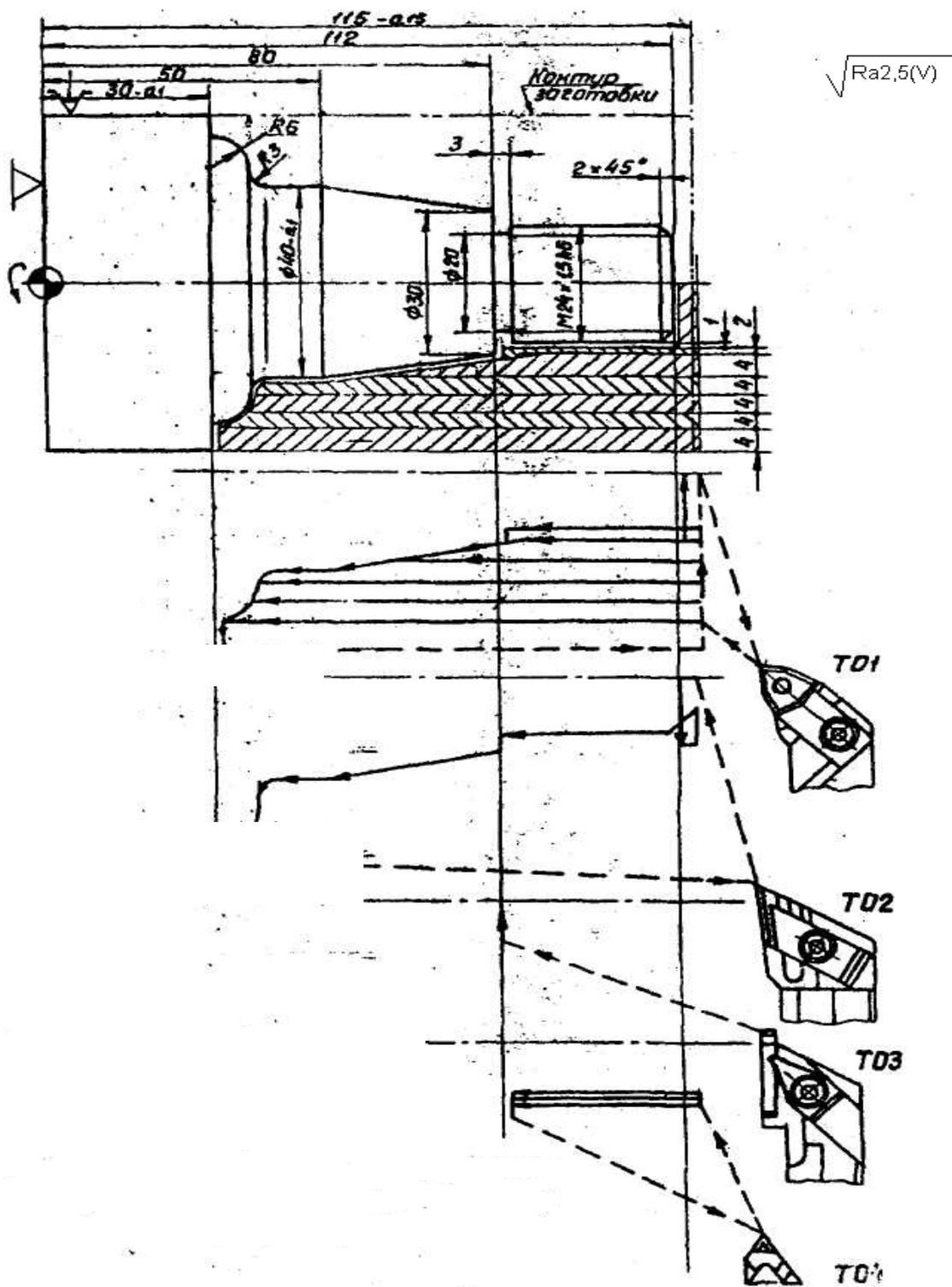


Рис. 2.1.3 Схема наладки токарного станка с ЧПУ 16K20Ф3С5

Рукопись управляющей программы (в относительной системе)

Участки	Кадры программы	Примечание
1	2	3
Образец 1	%	<p>Абсолютная система. Позиция 1. n = 1200 мм/мин. Смещение нуля. Относительная система. n=355мм/мин</p> <p>Нормальные размеры. Выход в точку 1. Корректор L11 по X. Корректор L21 по Z.</p> <p>Рабочий ход 1. n=180мм/мин. Отвод в точку 3. Ускоренный отвод в точку 4. Подвод к точке 5. Рабочий ход 2.</p> <p>Отвод в точку 9. Ускоренный отход в точку 10. Подвод к точке 11. Рабочий ход 3.</p> <p>Отвод в точку 15. Ускоренный отход в точку 16. Подвод к точке 17. Рабочий ход 4.</p> <p>Отвод в точку 23. Ускоренный отход к точке 24. Подвод к точке 25. Рабочий ход 5.</p> <p>Отвод в точку 28.</p>
Переход 1	N001G27F11200TLF	
	N002G58X+000000Z+000000LF	
	N003G26S134M104LF	
0-1	N004G01-X01800ZL11LF	
	N083L21	
1-2	N005Z+08000F10180LF	
2-3	N006X+01600LF	
3-4	N007Z+08600F70000LF	
4-5	N008X-02400F70000LF	
5-6	N009Z-08100F10180LF	
6-7	N010X+00400Z-00150LF	
7-8	N011X+00400Z-00350LF	
8-9	N012X+00400LF	
9-10	N013Z+086600F70000LF	
10-11	N014X-02000F11200LF	
11-12	N015Z-08000F10180LF	
12-13	N016X+00400LF	
13-14	N017X+00400Z-00100LF	
14-15	N018X+00400LF	
15-16	N085Z+08100F70000LF	
16-17	N086X-02000F11200LF	
17-18	N019Z-05450F10180LF	
18-19	N020X+00400Z-01250LF	
19-20	N021Z-01050LF	
20-21	N022X+00200Z-00150LF	
21-22	N023X+00200Z-00100LF	
22-23	N024X+00400LF	
23-24	N025Z+08000F70000LF	
24-25	N026X-0200F11200LF	
25-26	N027Z-03200F10180LF	
26-27	N028X+00800Z-02250	
27-28	N029X+00400LF	

1	2	3
28-29 29-30	N30Z+05450F70000LF N031X-01600F11200LF	Ускоренный отход в точку 29. Подвод к точке 30.
30-31 31-32 32-33	N032G136F10600LF N033Z-03600LF N034G40X+00400L11LF N035G40Z+03200F11200L21LF	Смена режима. Рабочий ход 6. Отвод в точку 32. Отмена коррекции L11. Ускоренный отход в точку 33. Отмена коррекции L21
Переход 2 33-34 34-35 35-36	N036S13F10850LF N037X-0300LF N038Z+00400LF N039X+08000F70000LF N040Z+00800F11200LF	Смена режима. Рабочий ход переход 2 (подрезание торца) Отход в точку 35. Ускоренный отход в точку 0
Резец 2 Переход 3 0-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5-6	N041T102S135LF N042X-0300LF N043Z-00200F10106L22LF N044X+02800LF N045G40Z+00200L22LF N046X+01200LF N047X+00800Z-00400L12LF	Смена резца и частота вращения. Корректор L22 на l=115 мм. Подрезание торца. Технологическая петля. Отмена коррекции L22. Снятие фаски 2x45°. Корректор на Ø24 L22
Переход 4 6-7 7-8 8-9 9-10 10-11 11-12 12-13 13-14 14-15	N048Z-03000LF N049G40X+00600L12LF N050X+01000Z-03000L13LF N051Z-01100L23LF N052G03X+00600Z-003001+00600LF N053G01X+00200LF N054G02X+01200Z-00600K+00600LF N055G01X+01400LF N056G040X+00600F11200L12LF N057G40Z+04500F70000L22LF	Отмена коррекции L22. Ввод корректора L13. Ввод корректора L23. Дуга R3 Дуга R6 Ускоренный возврат в точку 0. Отмена коррекции L12 и L22
Резец 3 Переход 5 0-1	N058S135T103LF N059X-01600F11200LF N060Z-04500F70000LF	Смена резца Ускоренный подвод к точке 1. Корректор на размер 80 L14

1	2	3
1-2	N061X-04400F10106L14LF	Выточка канавки. Корректор на Ø20 L14
2-3	N062G04X+00710LF	Выдержка 2 сек.
3-4	N063G40X+04400L14LF N064X+01600F11200LF N065G40Z+04500F70000L24LF	Отмена коррекции L14. Ускоренный возврат в точку 0. Отмена коррекции L24
Резец 4		
Переход 6	N066S138T04LF	Смена резца и частоты вращения.
0-1	N067X-05600F70000LF N068Z-01000F11200LF	Ускоренный подвод в точку 1.
1-2	N069G33X+000256Z- -003350D+000150LF	Рабочий ход 1. Резьба с шагом 1,5 мм.
2-3	N070G01X+00480F10600LF	Отвод резца в точку 2.
3-4	N071Z+03350F10600LF	Отвод в точку 4.
4-5	N072X-0540F10600LF	Подвод к точке 5.
5-6	N073G33X+000256Z- -003350D+000150LF	Рабочий ход 2. Корректор на окончательный диаметр резьбы L15.
6-7	N074G01X+00540F10600LF	Ускоренный отвод в точку 0.
7-8	N075Z+03350F11200LF	Отмена коррекции L15.
8-9	N076X-00562F10600LF	Возврат в «крайнюю точку» станка.
9-10	N077G33X+000256Z- -003350D+000150LF	
10-11	N078G01X+0562F10600L15LF N079G40X+05200F70000L15LF N080Z+04350LF N081G25X+999999LF N082G25Z+999999LF N083M102LF	Конец программы

Программа в абсолютной системе

Образец	Кадры программы
1	2
Резец 1	N001G27F11200T101LF
Переход 1	N002G58X+00000Z+000000LF
0-1	N003G01X+06200Z+11700L11LF
	N004L21LF
1-2	N005Z+03100F10180LF
2-3	N006X+07800LF
3-4	N007Z+11700F70000LF
4-5	N008X+05400F11200LF
5-6	N009Z+03600F10180LF
6-7	N010X05800Z+03450LF
7-8	N011X+06200Z+03100LF
8-9	N012X+06600LF
9-10	N013Z+11700F70000LF
10-11	N014X+04600F11200LF
11-12	N015Z+03700F10180LF
12-13	N016X+05000LF
13-14	N017X+05400Z+03600LF
14-15	N018X+05800LF
15-16	N085Z+11700F70000LF
16-17	N086X+03800F11200LF
17-18	N019Z+06250F10180LF
18-19	N020X+04200Z+05000LF
19-20	N021Z+03950LF
20-21	N022X+04400Z+03800LF
21-22	N023X+04600Z+03700LF
22-23	N024X+05000LF
23-24	N025Z+11700F70000LF
24-25	N026X+03000FU200LF
25-26	N027Z+08500F11200LF
26-27	N028X+03800Z+06250LF
27-28	N029X+04200LF
28-29	N030Z+11700F70000LF
29-30	N031X+02600F11200LF
	N032S136F10600LF
30-31	N033Z+08100LF
31-32	N034X+03000LF
32-33	N035Z+11300F11200LF
	Кадры, введенные при редак- тировании программы

1	2
Переход 2 33-34 34-35 35-36	N036S137F10850LF N037X+00000LF N038Z+11700LF N039X+08000F70000LF N040Z+12500F11200LF
Резец 2 Переход 3 0-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5-6	N041T102S135LF N042X+00000Z+11400F11200LF N043Z+11200F10106LF N044X+02800LF N045Z+11400LF N046X+01600LF N047X+02400Z+11000L12LF
Переход 4 6-7 7-8 8-9 9-10 10-11 11-12 12-13 13-14 14-15	N048Z+08000LF N049X+03000LF N050X+04000Z+05000LF N051Z+03900LF N052G03X+04600Z+03600K+00600LF N053G01X+04800LF N054G02X+06000Z+03000K+00600LF N055G01X+07400LF N056X+08000F11200LF N057Z+12500F70000LF
Резец 3 Переход 5 0-1 1-2 2-3 3-4	N058S135T103LF N059X+06400F11200LF N060Z+08000F70000L24LF N061X+02000F10106L14LF N062G04X+00710LF N063X+06400LF N064X+08000F11200LF N065Z+12500F7000LF
Резец 4 Переход 6 0-1 1-2 2-3 3-4 4-5	N066S138T04LF N067X+02320F70000LF N068Z+11500F11200LF N069G26LF N070G33X+000256Z-003350D+000150LF N071 GO 1X+O0480F10600LF N072Z+03350F11200LF N073X-00540F10600LF N074G33X+000256Z-003350D+000150LF

1	2
5-6	N075GO1X+00540F10600LF
6-7	N076Z+03350F11200LF
7-8	N077X-00562F10600L15LF
8-9	N078G33X+00O256Z-OO3350D+OO0150LF
9-10	N079G01X+00562F10600LF
10-11	N080G40X+05200F70000L15LF
11-12	N081Z+04350LF
	N082G25X+999999LF
	N083G25Z+999999LF
	N084M102LF

2.2 Использование модели «Электроника НЦ-31»

Она является главной отечественной системой класса HNC, встраивается в суппорт токарного станка и позволяет использовать ряд стандартных циклов, решать ряд технологических задач.

Станок 16K20T1.01 предназначен для полной токарной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатым, конусным и радиусным профилем в один или несколько рабочих ходов в замкнутом полуавтоматическом цикле, а также для нарезания резьбы.

Областью применения станка является мелкосерийное производство с мелкими повторяющимися партиями деталей, а при высокой квалификации оператора – единичное производство.

Станок оснащен автоматической шестипозиционной инструментальной головкой дискового типа с горизонтальной осью поворота и 9-скоростной автоматической коробкой скоростей.

Оперативная система управления станком на базе устройства «Электроника НЦ-31» обеспечивает:

- возможность ввода программы, наладки и редактирования программы обработки непосредственно на станке с использованием клавиатуры;
- контроль программы с помощью табло цифровой индикации;
- хранение программ в оперативной памяти и возможность переноса программ из кассеты внешней памяти.

Кадры управляющих программ

Подготовка к обработке деталей включает в себя следующие этапы: ознакомление с чертежом, составление технологии обработки, выбор инструмента, привязку инструмента к системе отсчета, составление программы, поиск и исправление ошибок; обработку детали.

Ввод программы обработки детали производится оператором непосредственно на клавиатуре пульта с использованием буквенных адресов и цифровой нумерации функций.

В системе приняты следующие стандартные обозначения, соответствующие коду ISO-7-Bit:

N – номер кадра,

X – поперечное направление,

Z – продольное направление,

P – параметры станка и циклов обработки,

S – частота вращения шпинделя (S1-S9),

T – позиция инструментальной головки (T1-T6),

F – подача или шаг резьбы,

G – подготовительная (технологическая) функция,

M – вспомогательная функция.

Обозначения подготовительных функций:

G2 – обработка дуги менее 90° по часовой стрелке,

G3 – обработка дуги менее 90° против часовой стрелки,

G4 – выдержка времени,

G12 – обработка четверти окружности по часовой стрелке,

G13 – обработка четверти окружности против часовой стрелки,

G25 – повторение частей программы (подпрограмм) обработки,

G31 – многопроходный цикл резбонарезания,

G55 – запрограммированный останов,

G77 – цикл продольного точения с разделением припуска на рабочие ходы,

G78 – цикл поперечного точения с разделением припуска на рабочие ходы,

G92 – автоматическое смещение нулевой точки.

Обозначение вспомогательных функций:

M00 – останов управляющей программы обработки,

M3 – правое вращение шпинделя (против часовой стрелки),

M4 – левое вращение шпинделя (по часовой стрелке),

M5 – останов шпинделя,

M30 – конец управляющей программы обработки,

M38 – нижний диапазон частот вращения 12,5-200 об/мин,

M39 – средний диапазон частот вращения 50-800 об/мин,

M40 – верхний диапазон частот вращения 125-2000 об/мин.

Номера скоростей шпинделя в любом из 3-х диапазонов (S1-S9) определяют требуемую комбинацию включения муфт в автоматической коробке скоростей. Это соответствует частотам вращения шпинделя.

Таблица 2.1.8

Частоты вращения шпинделя

Обозначение диапазона	Частота вращения шпинделя, об/мин								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M38	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
M39	50	71	100	140	200	280	400	560	800
M40	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Выбор исходной точки и «привязка» инструмента к нулевой точке

Исходная точка – это точка, из которой инструмент будет подводится к заготовке в начале обработки и в которую он будет отводиться после обработки. Если обработка ведется несколькими инструментами, то в этой же точке будет производиться смена инструмента. В исходной точке должно быть удобно производить смену инструмента (не задевая за деталь или станок) и смену заготовки (не задевая за инструмент). Поэтому, учитывая габарит заготовки и способ ее закрепления, для каждой партии обрабатываемых деталей выбирается своя исходная точка. Координаты ее задаются в импульсах.

Например, для детали, показанной на рисунке 2.2.1, координаты исходной точки относительно выбранного начала (нуля) координат детали:

$X = +40$ мм (с учетом дискретности по X 0,005 записываем 8000);

$Z = 150$ мм (записываем 15000).

Для задания нулевой точки, то есть нуля координат детали, необходимо определить фактическое положение вершины резца относительно станка и ввести эти данные в систему управления. Это называется размерной привязкой инструмента

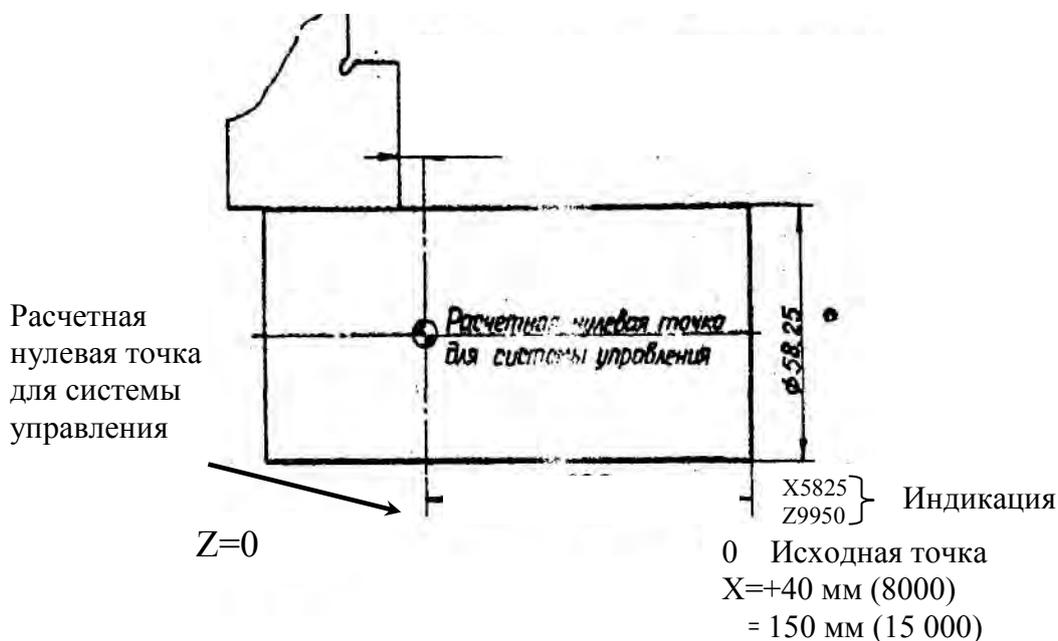


Рис. 2.2.1 Эскиз к примеру привязки инструмента

Программирование обработки простых деталей одним инструментом

Программирование ведется в абсолютной системе. Перемещения инструмента могут производиться как на рабочем, так и на ускоренном (быстром) ходу (например, подвод инструмента к детали и отвод от нее). Быстрый ход в программе обозначается в нужном кадре специальным символом \sim , для чего на пульте есть соответствующая клавиша и индикаторная лампочка.

Пример составления программы обработки ступенчатого вала из заготовки $\varnothing 100$ мм, $L = 121$ мм. Исходная точка принимается на длине 180 мм и на диаметре 140 мм (X14000, Z18000), то есть она удалена от заготовки на 50 мм по длине и на 20 мм по диаметру, что обеспечивает удобства при смене заготовки

Рукопись управляющей программы

- 0 M3 – левое вращение шпинделя (на токаря);
- 1 M40 – частота вращения шпинделя 500 об/мин (3^й диапазон);
- 2 S5
- 3 F30 – рабочая подача 0,3 мм/об;
- 4 Z12100~ – подвод резца на ускоренном ходу в точку с координатой $Z = 121$ мм по длине, то есть, не доходя до детали на 1 мм;
- 5 X9400~ – подвод на ускоренном ходу на координату $X = 94$ мм;
- 6 Z0 – перемещение на рабочей подаче по оси Z , обтачивание первой ступени вала;
- 7 X10100 – отвод на рабочей подаче из заготовки по оси X до 0101 мм.
- 8 Z12100~ – отход на ускоренном ходу по оси Z в начало обработки (за 1 мм до заготовки по оси Z);
- 9 X8900 – подвод на ускоренном ходу до $\varnothing 89$ второй ступени вала;
- 10 Z7000 – перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 70 мм, обработка второй ступени вала;
- 11 X9500 – отвод на рабочей подаче из заготовки по оси X до $\varnothing 95$ мм.
- 12 Z12100~ – отход на ускоренном ходу по оси Z в начало обработки за 1 мм до заготовки;
- 13 X8500~ – подвод на ускоренном ходу до $\varnothing 85$ третьей ступени вала;
- 14 Z9800 – перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 98 мм; обработка третьей ступени вала;
- 15 X9000 – отвод на рабочей подаче из заготовки по оси X до $\varnothing 90$ мм;
- 16 X14000~ – ускоренный отвод в исходную точку по оси X ;
- 17 Z18000~ – ускоренный отвод в исходную точку по оси Z ;
- 18 M5 – останов шпинделя;
- 19 M30 – конец программы и конец автоматического цикла.

Рукопись программы

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M40
2	S5
3	F30
4	X9450~
5	Z12100~
6	Z50
7	X10100
8	Z12100~
9	X8950~
10	Z7050
11	X9500
12	X8550~
13	Z121100~
14	Z9850
15	X9000
16	X8500~
17	Z12100~
18	M40/S7
19	F15
20	Z9800
21	X8900
22	Z7000
23	X9400
24	Z0
25	X10100
26	X14000~
27	Z18000~
28	M5
29	M30

Пояснения. Все поверхности вала обрабатываются с припуском 0,5 мм, затем резец вновь подводится на ускоренном ходу к детали до $\varnothing 85$ мм (кадр 16 и 17). После этого меняется режим обработки: увеличивается частота вращения шпинделя $n = 1000$ об/мин. (кадр 1.8) и снижается подача $S = 0,15$ мм/об (кадр 19), затем производится окончательная обработка вала по ступеням и отход в исходную точку (кадр 26 и 27).

При необходимости задания ускоренного перемещения инструмента одновременно по осям X и Z (например, отвод в исходную точку) можно запрограммировать группу кадров с признаком «звездочка» и символ ~ у первого кадра группы. Для предыдущего примера кадры 12 и 13 можно записать так:

12X8550~* 13Z121100

Программирование многопроходной обработки

Часто припуск приходится снимать за несколько рабочих ходов (проходов). Например, чтобы обработать деталь, показанную на рисунке 2.2.3, предусмотрено восемь рабочих ходов с глубиной резания 5 мм.

Таблица 2.2.3

Рукопись программы многопроходной обработки

Номер кадра	Обозначение	
1	2	
0	M3	
1	M40	
2	S5	
3	F35	
4	Z10100~	
5	X9000~	} 1-й рабочий ход
6	Z7000	
7	X10100	
8	Z10100~	
9	X8000~	} 2-й рабочий ход
10	Z7000	
11	X10100	
12	Z10100~	
13	X7000~	} 3-й рабочий ход
14	Z7000	
15	X10100	
16	I0100	
17	X6000~	} 4-й рабочий ход
18	7000	
19	X10100	
20	Z10100	
21	X5000	} 5-й рабочий ход
22	Z7000~	

1	2	
23	X10100	
24	Z10100~	
25	X4000~	} 6-й рабочий ход
26	X7000	
27	X10100	} 7-й рабочий ход
28	Z10100~	
29	X3000~	
30	Z7000	} 8-й рабочий ход
31	X10100	
32	Z10100~	} 8-й рабочий ход
33	X2000~	
34	Z7000	}
35	X10100	
36	X15000~	
37	Z15000~	}
38	M5	
39	M30	

Программа содержит 39 кадра.

Для упрощения программирования применяется технологическая функция многопроходной обработки G77, которая задается с тремя кадрами: окончательный диаметр детали – по координате X; длина обработки – по координате Z; глубина резания на диаметр – по адресу P.

Каждый кадр, относящийся к функции G77, заканчивается знаком * (звездочка) и вводится в память ЭВМ соответствующей клавишей на пульте (клавиша 27 с символом *).

Кадры, относящиеся к любой функции G, должны записываться в строго заданной последовательности (перемена их мест не допускается).

Для обработки детали потребовалось всего 13 кадров программы.

Таблица 2.2.4

**Рукопись программы многопроходной обработки детали
(см. рис. 2.2.2) с помощью функции G77**

Номер кадра	Обозначение	Примечание
1	2	3
0	M3	Включение левого вращения $n=200 \text{ мин}^{-1}$ (2-й диапазон).
1	M39	
2	S5	
3	F35	Подача $S=0,35 \text{ мин}^{-1}$

1	2	3
4	Z10100~	Быстрый подход к исходной точке.
5	X10000~	
6	G77	Признак многопроходной обработки.
7	X2000*	
8	Z7000*	Окончательный диаметр 20 мм.
9	P1000*	Координата конечной точки по оси Z.
10	X15000~	Глубина резания t=5 мм.
11	Z15000~	
12	M5	Быстрый отход в нуль программы.
13	M30	Останов шпинделя.
		Конец программы

Таблица 2.2.5

*Рукопись программы обработки многоступенчатого вала (рис. 2.2.3)
с помощью функции G77*

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M39
2	S5
3	F30
4	Z10100~
5	X12000~
6	G77
7	X9000*
8	Z0*
9	P1000*
10	X9000~
11	G77
12	X5000*
13	Z4000*
14	P600*
15	X5000~
16	G77
17	X2000*
18	Z7000*
19	P1000*
20	X15000*
21	Z15000*
22	M5
23	M30

Из программы видно, что функция G77 вводится перед обработкой каждой из ступеней вала, а по окончании действия функции резец на ускоренном ходу (кадр 15) подводится к следующей ступени (кадр 16).

Для поперечной многопроходной обработки предусмотрена функция G78, которая задается так же, как и функция G77.

Таблица 2.2.6

Рукопись программы (рис. 2.2.2)

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M40
2	S7
3	F25
4	Z5100~
5	X10000~
6	G78
7	X1900*
8	Z3000*
9	P300*
10	X12000~
11	Z10000~
12	M5
13	M30
14	P600*
15	X5000~
16	G77
17	X2000*
18	Z7000*
19	P1000*
20	X15000*
21	Z15000*
22	M5
23	M30

После многопроходной обработки с помощью функций G77 и G78 инструмент возвращается в точку, из которой многопроходная обработка началась, то есть в ту точку, в которую он подошел по программе перед функцией G77 и G78.

С помощью функции многопроходной обработки можно существенно упростить программирование.

Заготовка

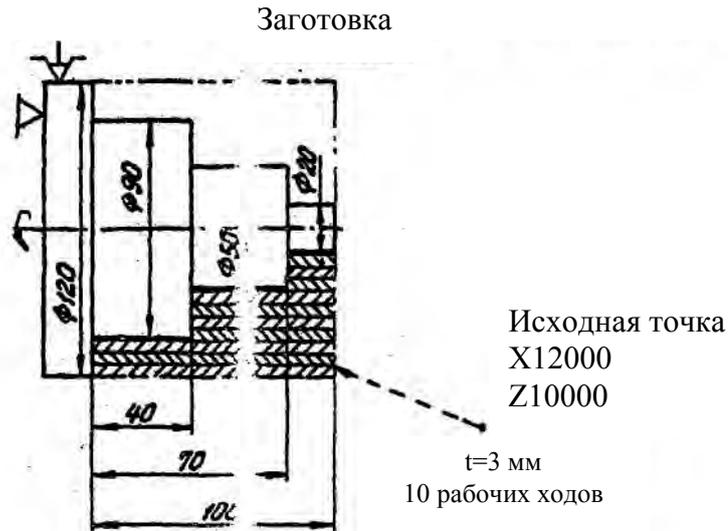


Рис. 2.2.2 Пример многопроходной одноинструментальной обработки

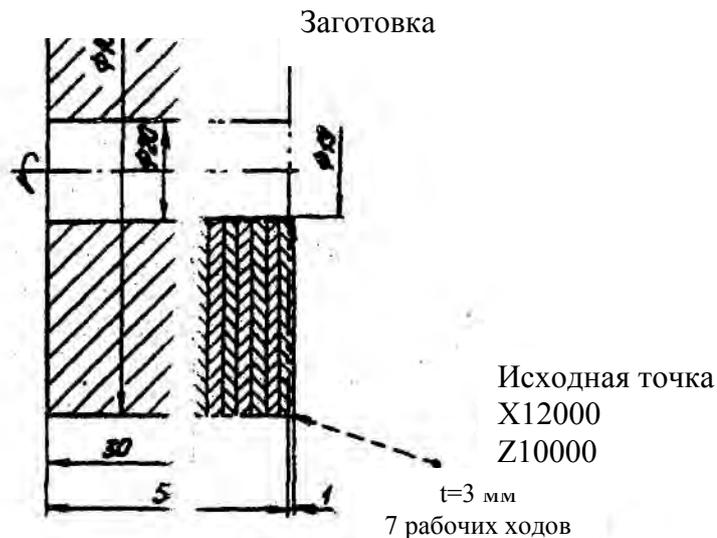


Рис. 2.2.3 Пример многопроходной обработки торца детали (по функции G78)

Программирование в абсолютной и относительной системах отсчета

Перемещение инструмента можно задавать в программе двумя способами: в абсолютной и относительной (в приращениях) системах отсчета.

На рисунке 2.2.3 изображена деталь, у которой проставлены размеры от определенной базы; в данном случае от центра торца ступени наибольшего диаметра. Обработка такой детали удобно программировать в абсолютной си-

стеме отсчета. Ниже приведена рукопись программы для обработки этой детали в абсолютной системе.

Таблица 2.2.7

Рукопись программы в абсолютной системе

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M40
2	S5
3	F30
4	Z10100~
5	X5800~
6	Z0
7	Z10100~
8	X4620~
9	Z5000
10	Z10100~
11	Z7050
12	X4500
13	X10000~
14	12000~
15	M5
16	M30

Заготовка

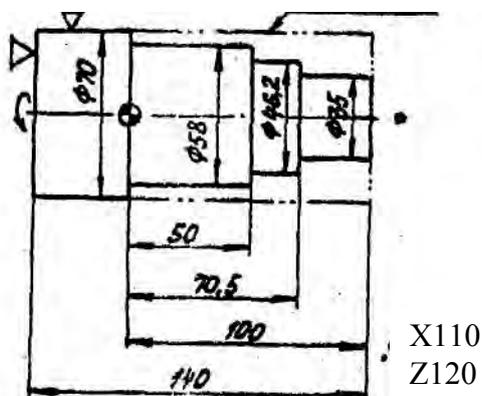


Рис. 2.2.4 Задание размеров ступеней при программировании в абсолютной системе

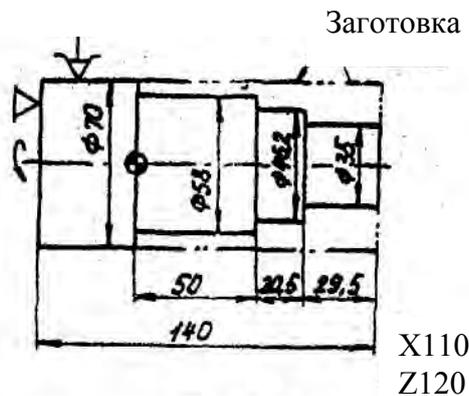


Рис. 2.2.5 Задание размеров ступеней при программировании в относительной системе

Таблица 2.2.8

Рукопись программы

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M40
2	S5
3	F30
4	Z10100~
5	X5800~
6	Z-10000
7	X800
8	Z10100~
9	X-2580
10	Z-5100
11	X2580
12	Z5100
13	X-1120
14	Z-7150
15	X11000~
16	M5
17	M30
18	

В относительной системе отсчета может быть записана вся программа либо ее часть или даже отдельные кадры.

Программирование обработки конических поверхностей и фасок

При программировании обработки конических поверхностей задаются диаметр конечной точки конической поверхности и длина обработки.

Для этого чтобы обработать коническую поверхность (рисунок 2.2.8, а) необходимо подвести резец по программе к той точке, откуда начнется обра-

ботка конуса, и задать в программе конечную точку конуса – диаметр и длину по осям X и Z, причем последний кадр задается ее звездочкой (*).

Ниже приводятся рукописи программ обработки конических поверхностей.

При задании программы обработки конуса в относительной системе кадры 7 и 8 (рисунок 2.2.8, а) будут выглядеть так:

7	X3000*	} Обтачивание конуса
8	Z-3000	
9	X9000~	отвод по X в абсолютной системе.

После обработки конической поверхности можно отвести резец в исходную точку или продолжать дальнейшую обработку детали по программе.

Для снятия фаски (под углом 45°) необходимо подвести инструмент по программе к точке, откуда начинается снятие фаски, а в следующем кадре задать диаметр или координату по оси Z, на которые должен выйти резец после снятия фасок. В этом же кадре подать команду на снятие фаски $+45^\circ$ и -45° . Знак фаски определяется в зависимости от того, в каком направлении движется резец по оси при снятии фаски; если это направление положительное, подается команда $+45^\circ$, если отрицательное, то минус 45° . На рисунках 2.2.9, а и 2.2.9, б показано снятие отрицательных и положительных фасок. Ниже приводятся рукописи соответствующих управляющих программ.

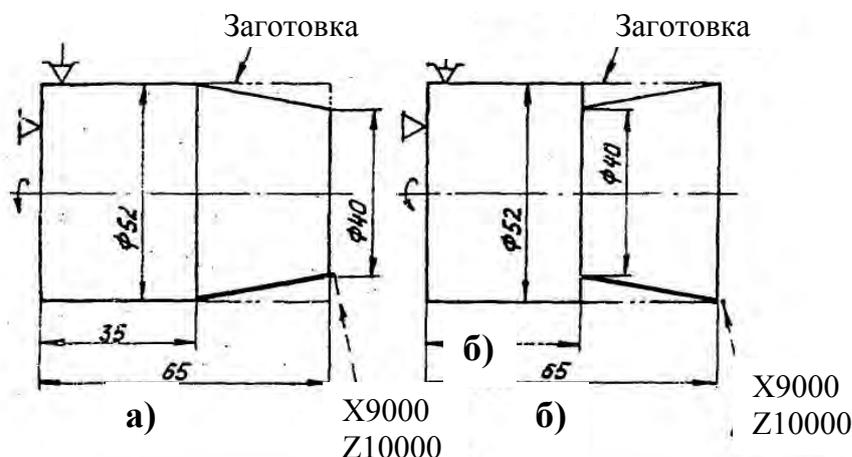
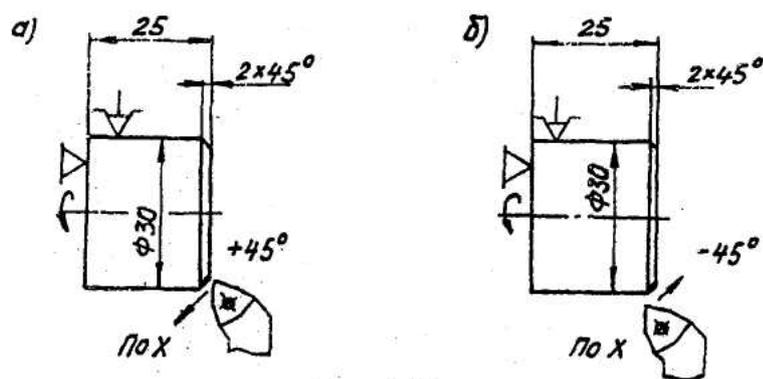


Рис. 2.2.6 Схема для программирования обработки конических поверхностей
а – прямой конус, б – обратный конус



а – подача по X в положительном направлении,
 б – подача по X в отрицательном направлении

Рис. 2.2.7 Схема для программирования снятия фасок под углом 45°

Таблица 2.2.9

Функции подачи

Подача «от оси по X» (+ 45°)		Подача «к оси по X» (- 45°)	
0	M3	0	M3
1	M40	1	M40
2	S6	2	S6
3	F30	3	F25
4	Z2600~	4	Z2200~
5	X2600~	5	X3100~
6	Z2500	6	X3000
7	X3000 +45° (или Z2300-45°)	7	X2400 -45° (или Z2300+45°)
8	X5000~	8	X5000~
9	Z5000~	9	Z5000~
10	M5	10	M5
11	M30	11	M30

После снятия фаски можно отвести резец в исходную точку или продолжить дальнейшую обработку детали по программе. Символами $\pm 45^\circ$ программируется только снятие фасок под углом 45°. Если необходимо снять фаску под другим углом, то эта обработка программируется так же, как обработка конической поверхности.

Программирование обработки сферических поверхностей

На станке 16К20Т1 можно программировать обработку сферических поверхностей, задавая перемещение резца по дуге, представляющей собой не более четверти окружности. Направление движения резца по часовой или против часовой стрелки задается функцией G.

Таблица 2.2.10

Направление движения резца

Направление перемещения резца	Полная четверть окружности ($\angle 90^\circ$)	Неполная четверть окружности
По часовой стрелке	G12	G2
Против часовой стрелки	G13	G3

Для обработки полной четверти окружности необходимо подвести резец по программе к той точке, откуда начнется обработка окружности. Затем надо задать функцию G12 или G13 и координаты конечной точки окружности по X и по Z с символом «*» (звездочка).

На рисунке 2.2.10 показаны детали, имеющие сферические поверхности в четверть окружности. Ниже приведены рукописи программ обработки этих деталей:

Таблица 2.2.11

Рукопись программы

«Выпуклость» R10 (рис. 2.13а)		«Вогнутость» R10 (рис. 2.13б)	
0	M3	0	M3
1	M40	1	M40
2	S6	2	S6
3	F20	3	F20
4	Z5100~	4	Z5100~
5	X2000~	5	X2000~
6	Z3500	6	Z3500
7	G12	7	G13
8	X4000*	8	X4000*
9	Z2500*	9	Z2500*
10	Z0	10	Z0
11	X10000~	11	X10000~
12	Z10000~	12	Z10000~
13	M5	13	M5
14	M30	14	M30

Движение резца по дуге, представляющей собой менее четверти окружности, задается функциями G2 и G3 с четвертями кадрами: два первых являются координатами конечной точки дуги (как в функциях G12 и G13), а два последних задаются с символом P и представляют собой проекции на оси X и Z (AX и AZ) расстояния от центра дуги до ее начальной точки (числовая величина проекции и знак). Если начальная точка дуги лежит относительно центра (глядя из центра) в минусовом направлении по соответствующей оси, то в кадре ставится знак «-», а если в плюсовом, то знак «+» не ставится.

В таблице 2.18 показаны способы задания таких дуг.

Таблица 2.2.12

Способы задания дуг

По часовой стрелке G				Против часовой стрелки G3			
1		2		3		4	
0	G2	0	G2	0	G2	0	G2
1	X _B *	1	X _B *	1	X _B *	1	X _B *
2	Z _B *	2	Z _B *	2	Z _B *	2	Z _B *
3	P ₁ *	3	P ₁ *	3	- P ₁ *	3	- P ₁ *
4	P ₂ *	4	- P ₂ *	4	- P ₂ *	4	P ₂ *

При программировании обработки сферических поверхностей необходимо выполнять следующие правила:

1) строго соблюдать последовательность кадров после функции G: координата конечной точки по оси X координата конечной точки по оси Z, затем параметр P по оси X и параметр P по оси Z;

2) параметр P по оси X задавать на сторону, а не на диаметр;

3) если необходимо обработать дугу более четверти окружности, то сфера программируется частями два раза (или более) подряд, причем начальная точка второй дуги будет являться конечной точкой первой дуги;

4) если с целью упрощения расчетов целесообразно задавать величины приращений, то соответствующие кадры записываются в относительной системе.

На рисунке 2.2.12 представлен чертеж детали с двумя сферическими поверхностями. Некоторые размеры, отсутствующие на чертеже, определяются расчетом:

Для дуги 1-2:

$$R - \delta = \sqrt{R^2 - 10^2} = \sqrt{22^2 - 10^2} = \sqrt{484 - 100} = 384 = 19,6 \text{ (из } \Delta O_1K_2\text{)}.$$

$$Z_2 = 102 - 19,6 = 99,4$$

$$\delta = R - 19,6 = 22 - 19,6 = 2,4 \text{ (мм)}$$

$$\Delta X_1 = 0; \Delta Z_1 = R = 22$$

Для дуги 3-4:

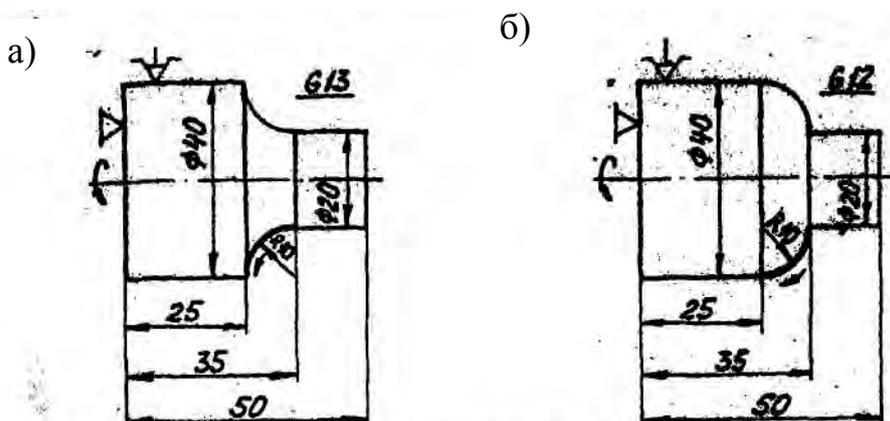
$$l = \sqrt{10^2 + 7,5^2} = \sqrt{100 + 56,25} = 12,5 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Из дуги } \Delta O_24B: \sin \varphi = l / 2R = 12,5 / 2 * 30 = 0,206; \varphi = 12^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{35 - 20}{2(70 - 60)} = \frac{7,5}{10} = 0,75; \quad \alpha = 36^\circ 50';$$

$$\beta = 90^\circ - \varphi - \alpha = 90^\circ - 12^\circ - 36^\circ 50' = 41^\circ 10'.$$

$$\text{Из } \Delta O_24A: \frac{4A}{R} = \cos \beta; \quad 4A = R * \cos \beta = 30 * \cos 41^\circ 10' = 30 * 0,753 = 22,59.$$

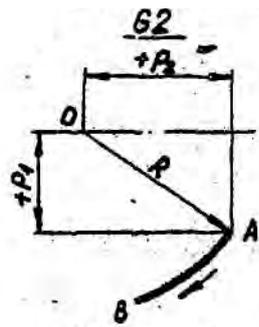


а – выпуклая поверхностей (функция G12);

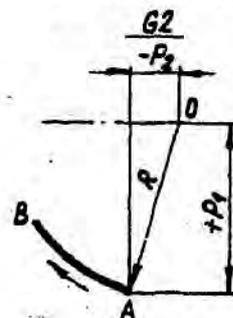
б – вогнутая поверхностей (функция G13)

Рис. 2.2.8 Схема обработки сферических (радиусных) поверхностей с образующей, охватывающей четверть окружности

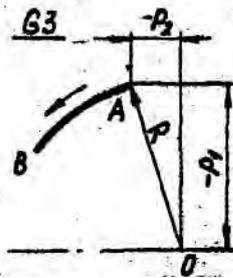
а)



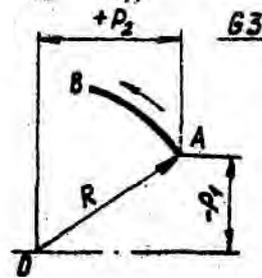
б)



в)



г)



а, б – по часовой стрелке (G2); в, г – против часовой стрелки (G3)

Рисунок 2.2.9 Способы задания дуг, охватывающих менее четверти окружности

Координата Z центра O_2 : $Z_{O_2} = Z_4 + 4A = 60 + 22,59 = 82,59$

$$\Delta Z_3 = Z_{O_2} - Z_3 = 82,59 - 70 = 12,59$$

$$\text{Из } \triangle O_2BC: \Delta X_3 = \sqrt{R^2 - \Delta Z^2} = \sqrt{30^2 - 12,59^2} = \sqrt{900 - 158,51} = 27,23.$$

Ниже приводится рукопись управляющей программы для обработки детали по рисунку 2.2.9.

Таблица 2.2.13

Рукопись управляющей программы для обработки детали

Номер кадра	Обозначение
1	2
0	M3
1	M40
2	S6
3	F25
4	Z10200~

1	2
5	X0~
6	Z10000
7	G2
8	X2000*
9	Z9962*
10	P0*
11	P2200*
12	Z7000
13	G3
14	X3500
15	Z6000*
16	P-2723*
17	P-1259*
18	Z0
19	X10000~
20	Z12000~
21	M5
22	M30

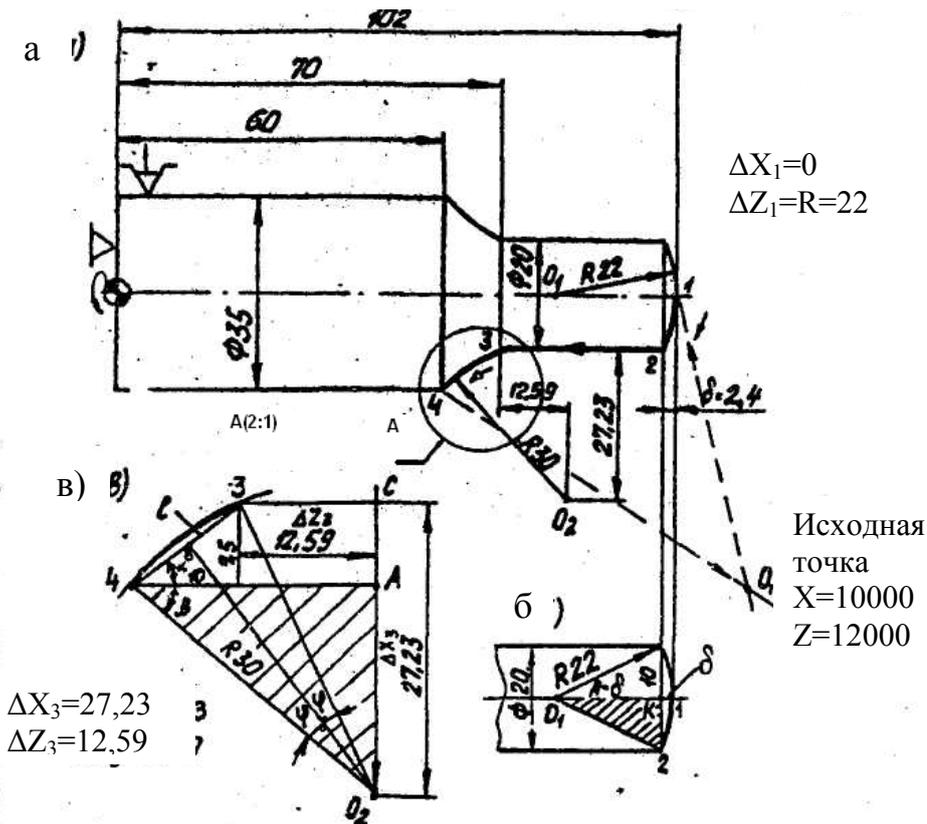
Дуга 1-2

Дуга 3-4

5) Черновую обработку фасонной детали следует производить коническими проходами.

6) Можно запрограммировать лишь чистовой проход и смещать каждый проход с помощью функции G92 по оси X на глубину резания до тех пор, пока не будет достигнут окончательный контур изделия.

7) Если вершина резца закруглена по радиусу, то обработанный профиль будет иметь погрешность из-за того, что различные участки поверхности резец обрабатывает различными участками режущей кромки. Поэтому при программировании в положение конечной точки дуги должна вводиться коррекция или по замеру пробной детали.



а – чертеж детали; б – построение для определения координаты 2; в – построение для определения X_3 и Z_3

Рис. 2.2.10 Схема к примеру разработки управляющей программы для обработки детали с двумя сферическими поверхностями

Программирование обработки несколькими инструментами. Смещение нулевой точки

Смена инструмента по программе многоинструментальной обработки выполняется с помощью символа T, который имеет номер, соответствующий позиции резцедержателя. Инструменты, участвующие в обработке, могут иметь различные вылеты по обеим осям, которые необходимо определить и вычислить в программе обработки.

При смене инструмента (замена блока или поворот резцедержателя) перед каждым кадром смены инструмента требуется ввести смещение нулевой точки. Смещение задается группой из 3 кадров:

– G92 (функция ввода смещения);

– X – сумма координаты X в точке перед вводом G92 и разности показаний по индикации при касании к одному и тому же диаметру, старым и новым инструментом (со знаком *);

– Z – сумма координаты Z в точке перед вводом G92 и разности показаний по индикации при касании к одному и тому же торцу старым и новым инструментом (со знаком *).

Все кадры, связанные с вводом смещения, должны быть в абсолютной системе.

Пример: Координаты номинальной нулевой точки: X=60, Z=200. При подводе резца T1 к диаметру проточки на заготовке на индикации было X8335, при подводе к торцу буртику Z 15000. При подводе резца T2 к тем же точкам соответственно X8145 и Z16722, то есть разница показаний соответственно $\Delta X_2 = 190$, $\Delta Z_2 = 722$.

Аналогично для канавочного резца:

$$\Delta X_3 = 8415 - 8335 = 80; \Delta AZ_3 = 14275 - 15000 = -725.$$

Индикация по оси X на диаметр. Находим координаты исходной точки для инструмента. Точка O₂.

$$X_2 = 12000 + 190 = 12190; Z_2 = 20000 - 1722 = 18278.$$

Точка O₃.

$$X_3 = 12000 - 80 = 11920; Z_3 = 20000 + 725 = 20725.$$

Таблица 2.2.14

Рукопись программы для обработки детали по рисунку 2.2.13

Номер кадра	Обозначение
1	2
0	M3
1	M40
2	S5
3	F30
4	T1 – черновой резец
5	G92
6	Z15100*
7	X8050*
8	Z0

} ПОДХОД
к заготовке

1	2
9	X8100
10	Z15100~
11	G77
12	X4050*
13	Z4050*
14	P800*
15	X4100~
16	G77
17	X2050*
18	Z10050*
19	P800*
20	X12000~
21	Z20000~ в номинальную нулевую точку O ₁
22	T2 – чистовой резец
23	G92
24	X12190*
25	Z18278*
26	S7
27	F15
28	Z15100~
29	X1600~
30	Z15000
31	Z2000 +45°
32	Z10000
33	X4000
34	Z4000
35	X8000
36	Z0
37	X12190~
38	Z18278~
39	T3 – канавочный резец
40	G92
41	X11920*
42	Z20725*
43	Z10000~
44	X4100~
45	X1500
46	X11920~
47	Z20725~
48	G92
49	X12000*
50	Z20000*
51	M5
52	M30

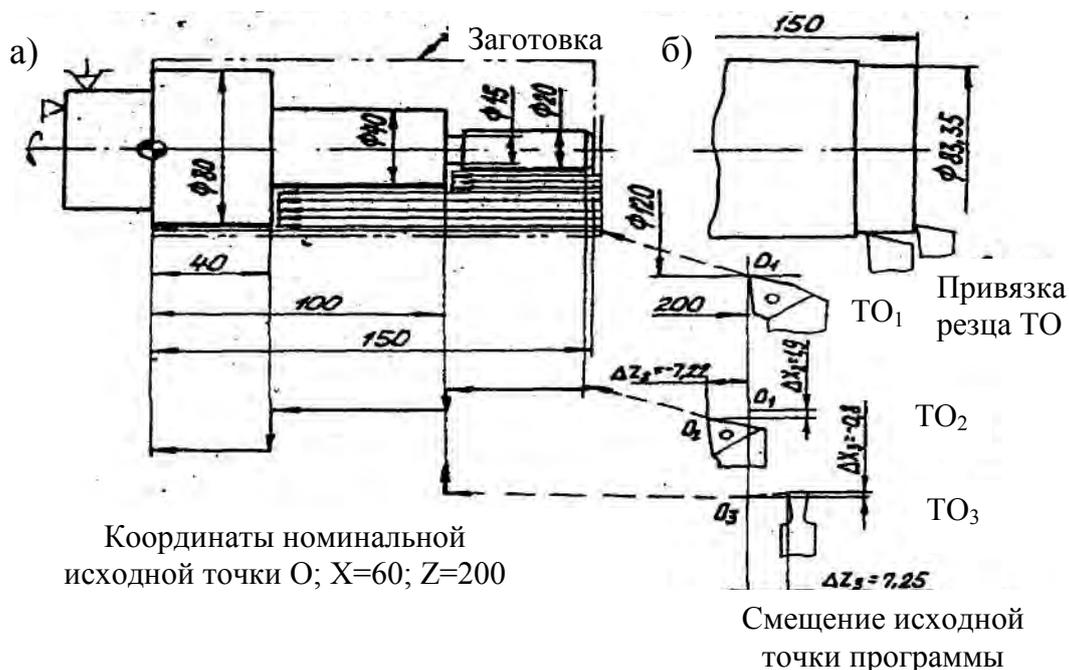


Рис. 2.2.11 Схема к разработке управляющей программы многоинструментальной обработки детали «вал» со смещением нулевой точки

Программирование нарезания резьбы

Нарезание резьбы программируется с помощью технологической функции G31. Программа цикла нарезания резьбы включает в себя следующие кадры:

G31 – функция нарезания резьбы: X – номинальный диаметр резьбы; Z – длина резьбы или координата конечной точки резьбы.

F – шаг резьбы, записывается с дискретностью 0,0001. Например, шаг 2 записывается как F20000, а шаг 1,5 – как F15000; P – полная глубина резьбы на сторону (определяется по справочнику) записывается под символом P с дискретностью 0,001, например t=0,96, P 96. Глубина первого прохода на сторону задается технологом или оператором и записывается под вторым символом P (с дискретностью 0,01) после символа глубины резьбы.

Для нарезания резьбы необходимо подвести резец к детали на 2-3 шага по оси Z и за 2-3 мм до детали по оси X.

Цикл нарезания многопроходный, причем все рабочие ходы (проходы) за исключением четырех последних, осуществляется с глубиной, заданной в последнем кадре нарезания резьбы (P). В каждом из четырех последних проходов глубина нарезания автоматически возвращается в точку начала нарезания, откуда его можно отвести по программе в исходную точку. При нарезании резьбы с шагом до 2 мм резец подается на глубину перпендикулярно обработки к оси детали.

Таблица 2.2.15

Рукопись программы для нарезания резьбы M36×1,5 на детали, показанной на рисунке 2.2.12

Номер кадра	Обозначение	Примечание
0	M3	
1	M40	Частота вращения n=560 об/мин
2	S8	
3	Z10300~	Подход по оси Z к заготовке
4	X4000~	То же по оси X
5	G31	Функция нарезания резьбы
6	X3600*	Диаметр резьбы и признак группы
7	Z5250*	Координата конечной точки резьбы с учетом хода в середину канавки
8	F15000*	Шаг резьбы 1,5 мм
9	P96*	Глубина канавки 0,96 мм
10	P20	
11	X10000~	Глубина первого отхода в исходную точку
12	Z15000~	
13	M5	Остановка шпинделя
14	M30	Конец программы

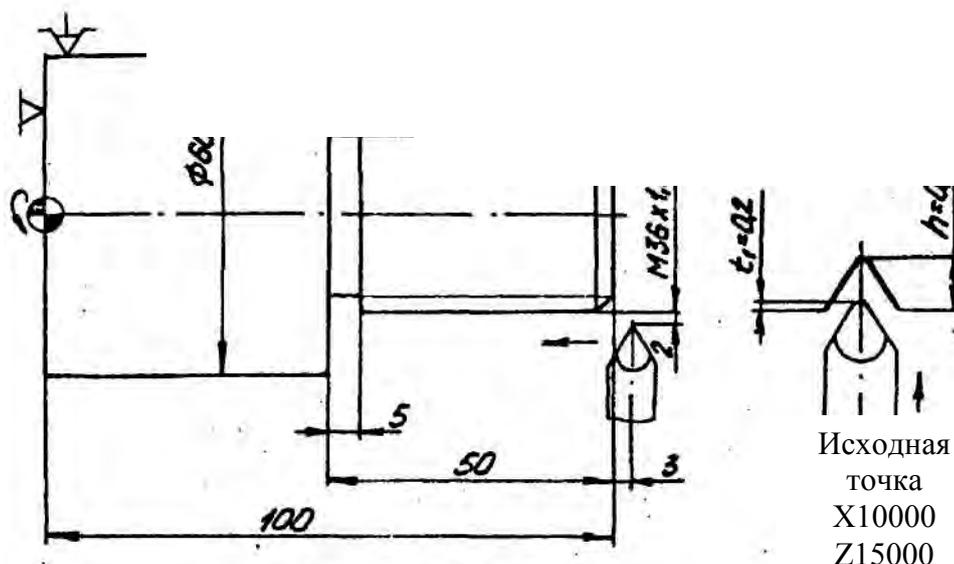


Рис. 2.2.12 Схема для составления рукописи управляющей программы нарезания резьбы M36×1,5

Дополнительные подготовительные функции

Для программирования выдержки времени («паузы») служит функция G4 в сочетании с символом P. После символа P задается величина выдержки времени (число секунд, умноженное на 100) и проваляется знак * (звездочка).

Пример: Выдержки 2 с N12 G4
 N13 P200*

Для повторения части программы (подпрограммы) или всей программы служит функция G25. После G25 записывается два символа: P первый указывает, с какого по какой кадр программы повторяется, а второй – сколько раз. Часть программы, которая должна повторяться, записывается в относительной системе (в приращениях).

На рисунке 2.2.13 приведен чертеж детали с одинаковыми ступенями наружной поверхности.

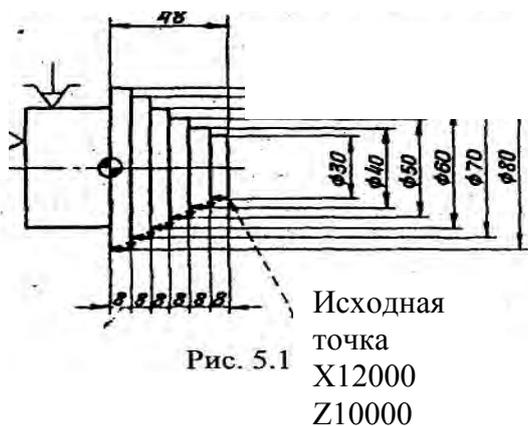


Рис. 2.2.13 Схема к примеру составления управляющей программы с применением функции G25

Таблица 2.2.16

Рукопись программы обработки с применением функции G25

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M40
2	S5
3	F30
4	Z4900~
5	X3000
6	Z4000
7	Z-800
8	X1000
9	G25
10	P006007* повторение кадров 6 и 7
11	P5* повторение 5 раз
12	X12000~
13	Z10000~
14	M5
15	M30

Цикл глубокого сверления (функция G73)

Цикл глубокого сверления содержит периодические вводы и вывода сверления, делится на отрезки, обозначаемые символом P. Величина P не должна равняться диаметру сверла.

Пример: Длина отверстия $\ell = 120$ мм. Диаметр сверла – 10 мм.

Путь рабочего хода (с учетом пути врезания и перебега) $l = 138$ мм. Расчленяем путь рабочего хода на отрезки длиной 46 мм (3-проходный цикл). Подача $S=0,2$ мм/об. Частота вращения 400 об/мин (M39, S7).

Таблица 2.2.17

Рукопись управляющей программы

Номер кадра	Обозначение
0	M3
1	M39
2	S7
3	F20
4	X0
5	Z-600
6	G73*
7	P4600
8	Z13800~
9	X10000~
	Z20000~

2.3 Использование модели «Электроника-60» (программа 2P22)

Программа 2P22 относится к УЧПУ четвертого и пятого поколения, реализованная на базе микроЭВМ класса «Электроника-60». Имеет в своем составе микроЭВМ с быстродействием 200 тысяч операций в секунду, оперативное энергонезависимое запоминающее устройство емкостью от 4 до 8 К слов (класс CNC).

На второй строке вычисляются показание датчика по координате X, на 3 строке – по координате Z, на 4 строке – датчика шпинделя (ПП), на 5 строке – датчика штурвала по координате (ШХ), на 8 строке – номера контактов разъема, на 10, 1 строках – информация о состоянии обменных сигналов на разъемах X1, X2, X3, на 14, 15 строках – информация о состоянии обменных сигналов на разъемах X4, X5.

Информация о контактах разъемов, имеющих номера, кратные 10, выделена подчеркиванием.

Отмена индикации осуществляется нажатием клавиши.

Система кодирования и порядок построения кадра

– 1 Устройство предусматривает возможность ввода в память программы на обработку детали с пульта управления или с программноносителя.

В качестве программноносителя используется 8 – дорожковая бумажная лента шириной 25,4 мм или магнитная лента.

– 2 Программа состоит из нескольких кадров.

– 3 В начале программы стоит номер кадра №.

– 4 Каждый кадр состоит из переменного числа слов, причем любое слово может отсутствовать, кроме конца кадра ПС.

– 5 Каждое слово состоит из буквы, называемой адресом следующей за ней группы цифр: нули в старших разрядах можно опустить, Е – быстрый ход без числовой информации.

– 6 Порядок слов в кадре произвольный.

– 7 В одном кадре нельзя программировать два слова одного адреса.

– 8 Время выдержки программируется под адресом Д с точностью до 0,001 с программированием десятичной точки. Время выдержки программируется отдельным кадром.

– 9 Величины перемещений могут задаваться в абсолютных или относительных координатах с точностью до 0,001 мм с программированием десятичной точки, если программа вводится с пульта управления устройства.

– 10 Дискретность задания программы, набранной на перфоленте – 0,001 мм.

– 11 Величина подачи рабочего органа задается по адресу в миллиметрах на оборот.

В цикле резьбонарезания по адресу F задается шаг резьбы. Подача действует на обе оси одновременно.

– 12 Число оборотов шпинделя задается по адресу S, например S 2-250, минус означает вращение шпинделя по часовой стрелке (если минус отсутствует, то вращение против часовой стрелки), где 250 – число оборотов шпинделя в минуту, 2 – диапазон числа оборотов шпинделя.

В устройстве предусмотрено управление регулирования приводом главного движения.

Таблица 2.3.1

Соотношение диапазонов и частоты вращения шпинделя для регулируемого привода приведено

Диапазон	Частота вращения
1	Максимальное число заносится через параметр P6
2	Максимальное число заносится через параметр P7
3	Максимальное число заносится через параметр P8
4	Максимальное число заносится через параметр P9

– 13 Технологические команды группы M, используемые в программировании, приведены в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2

Технологические команды группы M

Технологическая команда	Функция технологической команды
M 00	Программируемый останов
M 01	Останов с подтверждением
M 02	Конец программы
M 08	Включение охлаждения
M 09	Включение охлаждения
M 17	Конец описания детали для циклов L8, L9, L10
M 18	Конец участка программы, который будет повторяться в цикле L11
M 20	Передача управления роботу

Остальные функции M выдаются в электроавтоматику станка в двоично-десятичном коде.

– 14 Подготовительные функции G05, G10 и G11 (другие функции в устройстве не принимаются) Функция G05 используется в виде тех кадров программы, после обработки которых происходит торможение в конце кадра, ее надо задавать в кадре через радиус R.

Функция G10 задается перед кадрами, где необходимо поддерживать постоянство скорости резания в зависимости от диаметра обработки.

Функция G11 отменяет Функцию G10. Функция G10, G11 программируется отдельными кадрами.

– 15 Номер инструмента задается по адресу T. Количество инструментов 12.

– 16 Формат адресов, реализуемых в устройстве:

№ 03, X + 043.

U + 043.

W + 043,

W + 043.

F 023. T2

M2S1 – 4 ДО 43

C + 043 0 + 043

R+ 043

B3. L2. P11.

A11. E. G2.

ПС

– 17 Значения символов адресов должны соответствовать таблица 2.26.

Таблица 2.3.3

Значения символов

Символ	Значение символа
1	2
A	Припуск на чистовую обработку
B	C какого кадра повторение
C	Фаска под углом 45°
Д	Выдержка времени
E	Функция подачи (быстрый ход)
F	Функция подачи (рабочая скорость)
H	Число повторений
L	Цикл
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра

1	2
P	Глубина резания
Q	Галтель
R	Дуга
G	Подготовительная функция
S	Скорость главного движения
T	Функция инструмента
U	Перемещение по оси X в приращениях
W	Перемещение по оси в приращениях
X	Перемещение по оси X в абсолютных значениях
Z	Перемещение по оси в абсолютных значениях
	Конец кадра

– 18 Постоянные циклы задаются по адресу L. Перечень постоянных циклов, реализованных в устройстве, приведен в таблице 2.3.4.

Таблица 2.3.4

Функции, соответствующие постоянному циклу

Постоянный цикл	Функция, выполняемая устройством
L01	Цикл нарезания резьбы наружной, внутренней, цилиндрической, конической, многопроходной, однопроходной
L02	Цикл обработки прямоугольных канавок
L03	Цикл «петля» при наружной обработке
L04	Цикл «петля» при внутренней обработке
L05	Цикл «петля» при торцевой обработке
L06	Цикл глубокого сверления
L07	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой
L08	Цикл черновой обработки с припуском и без припуска
L09	Цикл обработки поковок
L10	Цикл чистовой обработки
L11	Цикл повторений участка программы

Программирование фасок, дуг, галтелей

1 Фаска под углом 45° задается адресом C со знаком и конечным размером по той координате, по которой идет обработка детали под фаской. Знак под адресом C должен совпадать со знаком обработки по координате X, направление по координате Y задается только в отрицательную сторону.

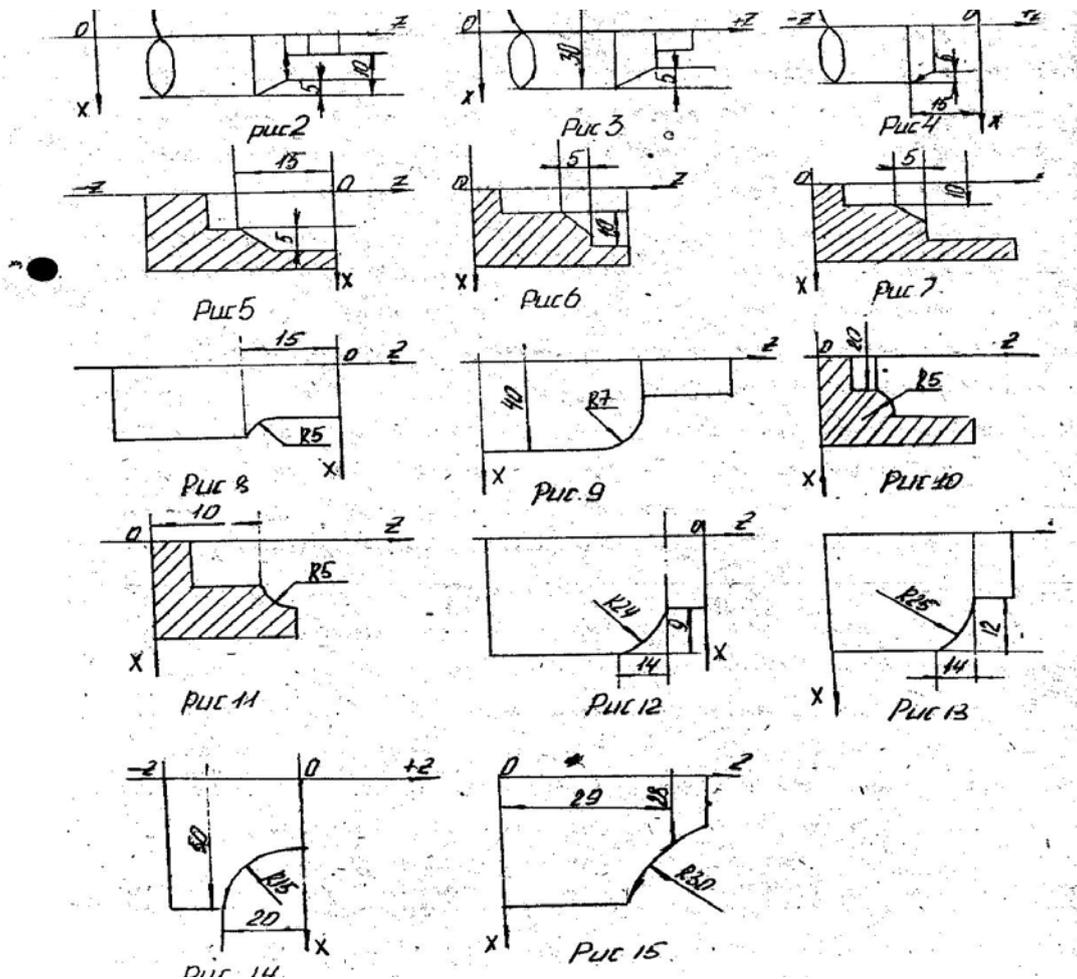
Примеры записи фасок в кадре для наружной обработки:

U 20 C 5 (рисунок 2)

Z – 15 C 5 (рисунок 4)

X 30 C 5 (рисунок 3)

W – 15 C 5 (рисунок 4)



Z – 15 C – 5 (рис. 2.3.1, 5)

U – 20 C – 5 (рис. 2.3.1, 6)

W – 15 C – 5 (рис. 2.3.1, 5)

X 10 C – 5 (рис. 2.3.1, 6)

Рис. 2.3.1 Задание галтелей

2 Галтель задается адресом Q со знаком и конечным размером по той координате, по которой идет обработка детали перед галтелью. Знак под адресом Q должен совпадать со знаком обработки по координате X. Направление по координате Z задается только в отрицательную сторону.

Примеры записи галтелей в кадре:

Z – 15 Q 5 (рис. 2.3.1, 8),

X 40 Q 7 (рис. 2.3.1, 9),

X 20 Q – 5 (рис. 2.3.1, 10),

Z 10 Q – 5 (рис. 2.3.1, 11).

Для задания дуги указываются координаты конечной точки дуги и радиус под адресом R со знаком. Знак положительный при обработке по часовой стрелке, отрицательный – против часовой стрелки.

Примеры задания дуг в кадре:

U – 18 W – 14 R – 24 (рис. 2.3.1, 12),

U – 24 W – 14 R – 25 (рис. 2.3.1, 13),

X 50 – 20 P – 15 (рис. 2.3.1, 14),

Z 29 X 28 R 30.

Программирование постоянных циклов

1 Постоянные циклы при вводе в ПУ задаются в режиме диалога оператора с устройством. Диалог назначается по набору номера цикла и нажатию клавиши.

При этом на восьмой строке БОСИ высвечивается название цикла и параметра в соответствии с таблицей 2.3.5.

Таблица 2.3.5

Циклы и их содержание

№ цикл	Название цикла в режиме «Диалог»	Содержание цикла	Параметр в режиме «Диалог»	Примечание
1	2	3	4	5
L 01	Резьба	Цикл нарезания цилиндрических и конических резьб с автоматическим разделением на проходы	F – шаг W – длина X – диаметр A – наклон	Шаг резьбы в миллиметрах Длина резьбы Внутренний диаметр резьбы Наклон резьбы (размер равен при-

1	2	3	4	5
			<p>Р – глубина резания</p> <p>С – сбеги</p>	<p>ращению диаметра) для конических резьб. Для цилиндрических резьб А = Максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу).</p> <p>С = 1 сбеги равен шагу резьбы.</p> <p>С = 0 сбеги отсутствует</p>
L 02	Канавка	Цикл обработки канавок с автоматическим разделением на проходы	<p>Д – выдержка</p> <p>Х – диаметр</p> <p>А – ширина</p> <p>Р – ширина</p>	<p>Выдержка времени в секунду.</p> <p>Внутренний диаметр канавки</p>
L 03	Н Петля	Цикл наружной обработки по координате с автоматическим отскоком и возвратом на БХ в начальную точку	W – длина	Длина петли
L 04	В Петля	Цикл внутренней обработки по координате Z с автоматическим отскоком и возвратом на БХ в начальную точку	W – длина	Длина петли
L 05	Т Петля	Цикл обработки по торцу с автоматическим отскоком и возвратом на БХ в начальную точку	Х – диаметр	Конечный диаметр подрезаемого торца
L 06	Сверление	Цикл глубокого сверления с автоматическим разделением на проходы	<p>Р – глубина резания</p> <p>W - длина</p>	<p>Максимальная глубина резания за один проход.</p> <p>Глубина сверления</p>
L 07	Резьба	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой	<p>F – шаг</p> <p>W – длина</p>	<p>Шаг резьбы в миллиметрах.</p> <p>Длина резьбы</p>

1	2	3	4	5
L 08	Ц Обработка	Цикл многопроходной обработки цилиндрической заготовки с автоматическим разделением на проходы	А - припуск Р – глубина резания	Припуск под чистовую обработку. Если обработка последняя, то $A = 0$ (размер в диаметрах). Максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу)
L 09	П Обработка	Цикл многопроходной обработки поковок с автоматическим разделением на проходы	А – припуск Р – глубина резания	Припуск под чистовую обработку (размер в диаметрах). Если чистовая обработка не предусмотрена, то $A = 0$. Максимальная глубина резания за один проход (размер по радиусу)
L 10	Ч Обработка	Цикл чистовой обработки по контуру с заданного номера кадра	В – № кадра	Номер кадра начала описания контура детали
L 11	Повторение	Цикл повторения заданного участка программы	Н – число В – № кадра	Число повторений. Номер кадра начала повторения

Адрес параметра высвечивается рядом с номером цикла. Оператор должен набрать численное значение параметра и нажать клавишу

При этом высвечивается название и адрес следующего параметра цикла. После ввода последнего параметра название цикла гасится (в режиме ручного управления информация о цикле гасится после отработки цикла).

2 Для циклов L08, L09 после ввода последнего параметра на восьмой строке БОСИ высвечивается надпись ОПИСАНИЕ ДЕТАЛИ. Теперь необхо-

можно провести описание конечного контура детали. Циклы L08, L09 можно применять при обработке деталей с увеличивающимся (наружная обработка) или уменьшающимся (внутренняя обработка) диаметром. Описание детали может состоять из одного или нескольких кадров. Описание детали должно содержать не более 15 кадров, при этом кадры с фаской и галтелью считаются за два кадра. Признаком окончания описания детали служит функция M17. По этой же функции заканчивается описание контура для цикла L10. Признаком конца участка программы, который будет повторяться в цикле 11, является функция M18. Описание детали производится в сторону шпинделя. При обработке детали припуск под чистовую обработку по оси Z определяется автоматически путем деления заданного припуска.

3 Если при наборе числовой величины параметра оператор допустил ошибку, то необходимо перейти в режим индикации и вновь выйти на начало диалога.

4 Редактирование введенного кадра с циклом осуществляется путем стирания всего кадра и повторного набора (стирание фразы для кадров с циклами не действует).

5 Перед программированием цикла L01 необходимо запрограммировать исходную точку цикла. Координата X этой точки должна быть равна наружному диаметру резьбы при резьбе или внутреннему диаметру при внутренней резьбе. Координата Z этой точки должна отстоять от координаты начала резьбы на величину, равную или больше двойного шага резьбы (для обеспечения разгона привода).

При многопроходной обработке резьбы параметр P выбирается меньше глубины резьбы. При однопроходной обработке резьбы параметр P выбирается равным глубине резьбы. Параметр A программируется без знака, а W – со знаком минус.

При многопроходной обработке резьбы перед каждым очередным проходом резец смещается по координате Z с тем, чтобы резание происходило одной кромкой резца (режущая кромка с каждым проходом чередуется). Последний проход режется двумя кромками. Величина смещения рассчитана на резьбу с углом 60° . На последнем витке осуществляется выход резьбы.

6 Перед программированием цикла L02 необходимо запрограммировать исходную точку цикла. Координата Z исходной точки должна совпадать с координатой левой кромки канавки.

Цикл содержит перемещение на рабочей подаче до координаты X, выдержку времени (если $D \neq 0$) возврат в исходную точку на быстром ходу, смещение по координате Z в положительную сторону на величину P и так далее до достижения ширины канавки величиной A.

Для обработки канавки с перекрытием параметр P задается меньше ширины резца, а параметр A необходимо уменьшить на эту разность.

Для однопроходной канавки параметры P и A задаются одинаковыми. Цикл заканчивается отскоком по оси X в исходную точку, по оси Z инструмент остается в точке последнего прохода.

7 Циклы L03, L04 содержат перемещение на рабочей подаче на длину W с учетом знака, отскок на 1 мм (направление отскока зависит от цикла), возврат на быстром ходу в исходную точку.

8 Цикл L05 содержит: перемещение на рабочей подаче по оси X, отскок на 1 мм, по координате Z в положительную сторону возврат на быстром ходу в исходную точку.

В процессе обработки по мере изменения диаметра происходит переключение скорости шпинделя с целью поддержания постоянства скорости резания, если до цикла L05 была задана функция G10.

9 Цикл L06 содержит: перемещение на рабочей подаче в отрицательную сторону на величину P, возврат на быстром ходу в исходную точку, перемещение на быстром ходу в точку, отстоящую от точки предыдущего сверления на 3 мм, перемещение на рабочей подаче на величину $(P + 3)$ мм и так далее до достижения глубины сверления величиной W.

10 Цикл L07 содержит: перемещение на подаче, равной F, на величину W с учетом знака, реверс шпинделя, возврат в исходную точку на подаче F.

11 Перед программированием цикла L08, L09 необходимо запрограммировать исходную точку цикла.

Для цикла L08 такой точкой является начало заготовки (координата X равна диаметру заготовки, а координата Z равна координате Z начала конечного контура детали).

Для цикла L09 перед программированием исходной точки измеряют максимальный припуск под обработку по всей детали как по диаметру так и по длине.

Если учетверенный припуск по длине больше, чем припуск по диаметру, то прибавляется учетверенный припуск по длине к размеру по диаметру, а припуск по длине к координате торца, что и будет являться координатой исходной точки цикла.

Если учетверенный припуск по длине меньше, чем припуск по диаметру, то для расчета исходной точки берется припуск по диаметру, а смещение по торцу определяется смещением припуска по диаметру на четыре.

Цикл L08 применяется в случаях, когда заготовка детали имеет форму цилиндра. В этом случае обработка ведется параллельно образующей цилиндра.

Величина оборотов и подача задаются перед циклом из расчета наименьшего диаметра конечного контура при наружной обработке и наибольшего диаметра при внутренней обработке.

Цикл L09 применяется в тех случаях, когда заготовка имеет форму, близкую к конечному контуру (например, поковка). В этом случае обработка ведется параллельно конечному контуру детали.

Цикл L08, L09 заканчивается в конечной точке описания детали. Частота вращения шпинделя не восстанавливается. При обработке конечного контура изменение частоты вращения происходит между кадрами. В случае, если конечный контур детали для цикла L09 начинается с фаски, галтели или конуса, то необходимо запрограммировать с начала контура условную цилиндрическую ступень длиной, равной расчетной величине припуска по координате Z.

12 Перед программированием цикла L10 необходимо запрограммировать исходную точку цикла, координаты которой должны совпадать с координатами начала конечного контура.

13 Пример программы с применением цикла L09, где максимальное отклонение заготовки от готовой детали составляем 5 мм по торцу и 12 мм по диаметру. Поэтому перед циклом инструмент необходимо ввести в точку с координатами 25 ($0+5=5$), X42 ($22+4*5$), так как $5 > 12/4$.

```

001 F0,12 S2 200 T1 *
002 Z5 X42 E *
003 L09 A0 P2,7 *
004 X22 *
005 Z-16 *
006 X52 W-36 *      Описание детали
007 W-37 M17 *
008 M02 *

```

Если бы максимальное отклонение заготовки от готовой детали составляло 2 мм по торцу и 12 мм по диаметру, то инструмент необходимо было ввести в точку с координатами X36 ($22+12$) и 3 ($12/4=3$), так как $2 > 12/4$. Второй кадр с приведенной программы для этого примера был бы:

N002 Z3 X36 E. Все другие кадры остались бы прежними.

Если в детали необходимо сделать форму в начале размером 2x2 мм, то программа будет следующая:

```

001 F0,12 S2 200 T1 *
      002 Z5 X42 E *
                003 L09 A0 P2,7 *
004 X13 *
005 Z0 *
006 X22 C2 * 007 } условная цилиндрическая ступень
Z-16 *          } кадр с фаской
008 X52 W-36 *
009 W-37 M17 *
010 M02 *

```

14 Пример программы с применением циклов L08, L10 по чертежу детали

001 F0,12 S2 200 T1	*	
002 Z0 X173 E	*	
003 L08 A1 P3	*	
004 X22 C2	*	
005 Z-20	*	Описание детали
006 X52 C2	*	
007 Z-48,8 Q7	*	
008 X80 Q7	*	
009 Z-65	*	
010 X96 W-19,8	*	
011 X123 Z-96	*	
012 W-12	*	
013 X136 W11,2 R-14 M17	*	
014 F0,1 S2 1000 T2	*	
015 Z0 E	*	
016 X18 E	*	
017 L10 B4	*	
018 M02	*	

Составление программы при вводе с перфоленты

1 В качестве программноносителя используется 8-дорожковая бумажная лента шириной 25,4 мм. Программирование перфоленты допустимо только в коде ИСО согласно таблице 2.3.6.

Начало программы является набор символов 001, концом программы – набор символов 02 и ПС.

Программирование на перфоленте

Знак	Восьмеричный код						
Вш	210	1	261	D	104	P	120
Гт	001	2	262	E	305	Q	321
Пс	012	3	263	F	306	R	322
Бк	215	4	264	G	107	S	123
(050	5	265	H	110	T	124
)	251	6	266	I	311	U	125
%	245	7	267	J	312	V	127
:	072	8	270	K	113	W	327
/	257	9	071	L	314	X	330
+	053	A	101	M	115	Y	131
-	055	B	102	N	116	Z	132
0	060	C	303	O	317	ЗБ	377

В системе производится контроль по паритету каждого введенного символа с перфоленты. При ошибке по паритету в правом верхнем углу БОСИ индицируется «ФС». В программе на перфоленте могут записываться в скобках, и при вводе программы в память устройства этот текст не проявляется.

Пример программы для набора на перфоленту

```

001 F120 S2 200 T1 *
002 Z0 X137000 E *
003 L8 A1000 P3000 *
004 X22000 C2000 *
005 Z-20000 *
006 X52000 C2000 *
007 Z-47800 Q7000 *
008 X80000 Q7000 *
009 Z-65000 *
010 X96000 W-19800 *

```

011 X123000 Z-96000 *

012 W-12000 *

013 X136000 W112000 R-14000 M17 *

014 Z0 E *

015 X18000 E *

016 F100 S2 1000 T2 *

017 L10 B4 *

018 D1100 *

019 M02 *

Набор постоянных циклов ведется в той же последовательности, как с пульта оператора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р. И. Гжиров, П. П. Серебряницкий. – М. : Высшая школа, 1990. – 168 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания резцами механическим креплением многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин. Обработка на станках с ЧПУ. Производство серийное и мелкосерийное. – 1979.
3. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ: методические указания /сост. С. Г. Королев и др. – М., 1998. – 4 ч.
4. Сафраган, Р. Э. Автоматизированная подготовка программ для станков с ЧПУ: справочник / Р. Э. Сафраган и др. – М. : Высшая школа, 1986. – 287 с.
5. Серебряницкий, П. П. Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебряницкий, А. Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 612 с.

Приложение (Справочное)

Паспортные данные токарных станков с ЧПУ

Станок 16К20Ф3С5

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм

над станиной 400

над суппортом 220

Наибольший диаметр прутка, проходящего через

отверстие в шпинделе, мм 53

Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм 1000

Шаг нарезаемой резьбы метрической до 20

Частота вращения шпинделя, (мин⁻¹)

Таблица 1

Диапазон	Ступени								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	50	71	100	140	200	280	400	560	800
3	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Наибольшее перемещение суппорта, мм

продольное 900

поперечное 250

Подача суппорта, мм\мин

Режим разгон:

7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,24,26,29,31,34,37,41,45,49,53,58,68,75,
82,90,98,106,115,125,136,150,160,180,195,212,230,250,272,300,325,355,

387,425,462,500,545,600,650,710,775,850,925,1000,1090,1200.

Режим торможение: 0,05,0,1,0,15,0,2,0,25,0,3,0,35,0,4,0,45,0,5,0,55,0,6.

Скорость быстрого перемещения, мм\мин:

продольное 4800

поперечное 2400

Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10
Габаритные размеры, мм	
\без ЧПУ\	
длина	3360
ширина	1710
высота	1750
Масса, кг	4000
Программа	H22-1M
Дискретность перемещений, мм	
продольных	0,01
поперечных	0,005

Паспортные данные токарных станков с ЧПУ

Станок 16К30Ф3С5

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм

над станиной 630

над суппортом 350

Наибольший диаметр прутка, проходящего в

отверстие в шпинделе, мм 70

Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм 1400

Шаг нарезаемой резьбы метрической до 10

Частота вращения шпинделя, (мин⁻¹)

Таблица 2

Диапазон	Ступени								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	50	71	100	140	200	280	400	560	800
3	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Наибольшее перемещение суппорта, мм

продольное	1250
поперечное	370

Подача суппорта, мм\мин

Режим разгон:

7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,24,26,29,31,34,37,41,45,49,53,58,68,75,
82,90,98,106,115,125,136,150,160,180,195,212,230,250,272,300,325,355,
387,425,462,500,545,600,650,710,775,850,925,1000,1090,1200.

Режим торможение: 0,05,0,1,0,15,0,2,0,25,0,3,0,35,0,4,0,45,0,5,0,55,0,6.

Скорость быстрого перемещения, мм\мин:

продольное	4800
поперечное	2400

Мощность электродвигателя главного привода, кВт 11

Габаритные размеры, мм

\без ЧПУ\

длина	4350
ширина	2200
высота	1600

Масса, кг 6300

Программа 2Н22-1М

Дискретность перемещений, мм

продольных	0,01
поперечных	0,005

Паспортные данные токарных станков с ЧПУ

Станок 16К20Т1.

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм

над станиной	500
над суппортом	215

Наибольший диаметр прутка, проходящего в

отверстие в шпинделе, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	900
Шаг нарезаемой резьбы метрической	0,01-40,959
Частота вращения шпинделя, (мин ⁻¹)	

Таблица 3

Диапазон	Ступени								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	50	71	100	140	200	280	400	560	800
3	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Наибольшее перемещение суппорта, мм

продольное	900
поперечное	250

Подача суппорта, мм\об

продольная:

0,05;0,06;0,075;0,09;0,1;0,125;0,15;0,175;0,2;0,25;0,3;0,35;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;1,0;1,2;1,4;1,6;2,0;2,4;2,8.

поперечная:

0,025;0,03;0,04;0,045;0,05;0,06;0,07;0,08;0,1;0,125;0,15;0,175;0,2;0,25;0,3;0,35;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;1,0;1,2;1,4.

Скорость быстрого перемещения, мм\мин:

продольное	6000
поперечное	5000

Мощность электродвигателя главного привода, кВт

11

Габаритные размеры, мм

\без ЧПУ\	длина	3700
	ширина	1770
	высота	1700

Масса, кг		3800
Программа		НЦ-31
Дискретность перемещений, мм		
	продольных	0,01
	поперечных	0,005

Паспортные данные токарных станков с ЧПУ

Станок 16К20Ф3С32

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм		
	над суппортом	215
	над станиной	500
Наибольший диаметр прутка, проходящий через отверстие в шпинделе		53
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм		1000
Шаг нарезаемой резьбы метрической		до 20
Частота вращения шпинделя, (мин ⁻¹)		

Таблица 4

Диапазон	Ступени								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	50	71	100	140	200	280	400	560	800
3	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Наибольшее перемещение суппорта, мм		
	продольное	900
	поперечное	250

Подача суппорта, мм\об

продольная:

0,05;0,06;0,075;0,09;0,1;0,175;0,2;0,25;0,3;0,35;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;1,0;1,21,
4;1,6;2,0;2,4;2,8.

поперечная:

0,025;0,03;0,04;0,045;0,05;0,08;0,10;0,125;0,15;0,175;0,2;0,25;0,3;0,35;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;1,0;1,2;1,4.

Скорость быстрого перемещения ; мм\мин:

	продольное	6000
	поперечное	5000
Мощность электродвигателя главного привода, кВт		10
Габаритные размеры, мм		
\без ЧПУ\	длина	3700
	ширина	1770
	высота	1700
Масса,кг		3800
Программа		2P-22
Дискретность перемещений, мм		
	продольных	0,01
	поперечных	0,00

**Ведущий редактор
Е. В. Кондаева**

**Старший корректор
М. А. Сухарева**

**Ведущий инженер
Г. А. Чумак**

Подписано в печать 5.11.2009 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 4,3.
Тираж 50 экз. Заказ _____ .

**Издательство Орского гуманитарно-технологического института
(филиала) Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»**

462403, г. Орск Оренбургской обл., пр. Мира, 15 А