Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель
В. С. Люкшин

ПРОГРАММИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:

Рябов С. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов

Люкшин Владимир Сергеевич

Программирование автоматизированного оборудования для механической обработки: методические материалы [Электронный ресурс] для обучающихся специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов всех форм обучения / сост. В. С. Люкшин; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019

Предназначены для оказания помощи студентам при изучении курса «Программирование автоматизированного оборудования для механической обработки».

© КузГТУ, 2019
© Люкшин В. С.,
составление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Технологические особенности обработки деталей на токарных станках с ЧПУ…… 4
2 Разработка управляющих программ для станков, оснащенных системой ЧПУ 2Р22…….. 19
3 Проектирование РТК на выданную деталь……..... 62
4 Расчет траектории движения инструмента с использованием САПР…… 75
5 Работа на станках, оснащенных системой ЧПУ 2Р22……. 81
Список литературы……..... 100

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

1.1. Разработка управляющей программы и технологической документации

Процесс разработки управляющей программы (программирования) для токарного станка с ЧПУ состоит из нескольких этапов:

- операцию разделяют на установы и позиции, выбирают технологические базы и способ закрепления заготовки;
- разрабатывают операционную технологию, определяют последовательность переходов, выбирают технологическую оснастку, режущий и мерительный инструмент, строят схемы траекторий перемещения вершины каждого используемого инструмента, рассчитывают режимы резания, разрабатывают операционные карты;
- преобразовывают систему координат детали и выбирают ее нулевую точку, рассчитывают и проставляют размеры детали от нулевой точки;
- разрабатывают карты эскизов, на которых приводят переработанный чертеж детали с заданием размеров от нулевой точки и условным обозначением технологических баз и зажимов (рис. 1), построения для расчета координат опорных точек, расчеты для определения их координат, схемы траекторий (циклограммы) движения всех инструментов. Условные обозначения элементов циклограмм на картах эскизов приведены на рис. 2. Для вспомогательных ходов применяют условную терминологию: движение к детали по оси X – подвод; движение от детали по оси X – отвод; движение к детали по оси Z – подход; движение от детали по оси Z – отход. Составляют карты координат опорных точек траектории, а при программировании в относительной системе – величины приращений;
- составляют рукопись управляющей программы на бланке или покадровым текстом на листе бумаги. С использованием клавиатуры пульта управления системы ЧПУ 2Р22 вводят управляющую программу в память системы ЧПУ;

- управляющую программу проверяют на станке и если необходимо вносят соответствующие коррективы.

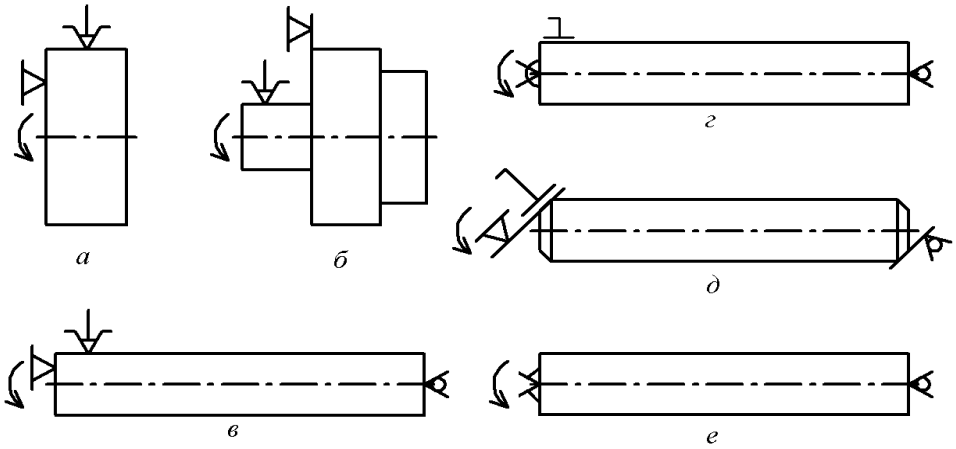


Рис. 1. Условное обозначение технологических баз и зажимов: *а* – закрепление в трехкулачковом патроне с упором в расточенный торец кулачков, *б* – закрепление в трехкулачковом патроне с упором в торец кулачков, *в* – закрепление в трехкулачковом патроне с упором в расточенный торец кулачков и заднем вращающемся центре, *г* – закрепление в переднем плавающем центре, поводковом патроне и заднем вращающемся центре, *д* – закрепление в переднем поводке трения «рюмка» и заднем обратном вращающемся центре, *е* – закрепление в переднем поводке «ёрш» и заднем вращающемся центре

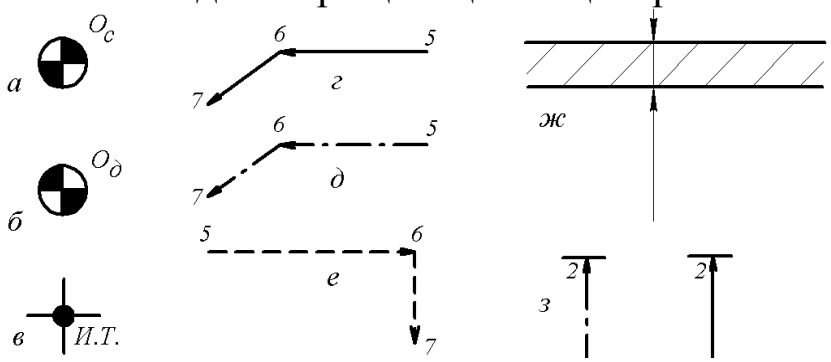


Рис. 2. Условные обозначения на карте эскизов элементов циклограмм:
а – ноль станка, *б* – ноль детали, *в* – исходная точка, *г* – перемещение инструмента на рабочей подаче, *д* – перемещение инструмента на рабочей подаче по эквидистанте, *е* – перемещение инструмента на ускоренной подаче, *ж* – припуск на обработку, *з* – выдержка времени

1.2. Эквидистанта контура и система координат

Детали, обрабатываемые на станке с ЧПУ, можно рассматривать как геометрические тела, состоящие из простых геометрических фигур, например, цилиндр, конус, сфера и др. При обработке перемещение инструмента осуществляется относительно детали (заготовки). Траекторию движения рабочего органа, т.е. траекторию определенной точки инструмента, называемую центром, задают при помощи управляющей программы.

У проходного, расточного и контурного резцов центром инструмента служит вершина резца или центр радиуса при вершине (рис. 3, *а*, *б*) у прорезного (канавочного) резца – левая вершина (рис. 3, *в*). Для сверла, зенкера, зенковки, цековки, плашки и метчика центром инструмента является центр рабочего торца (рис. 3, *г*).

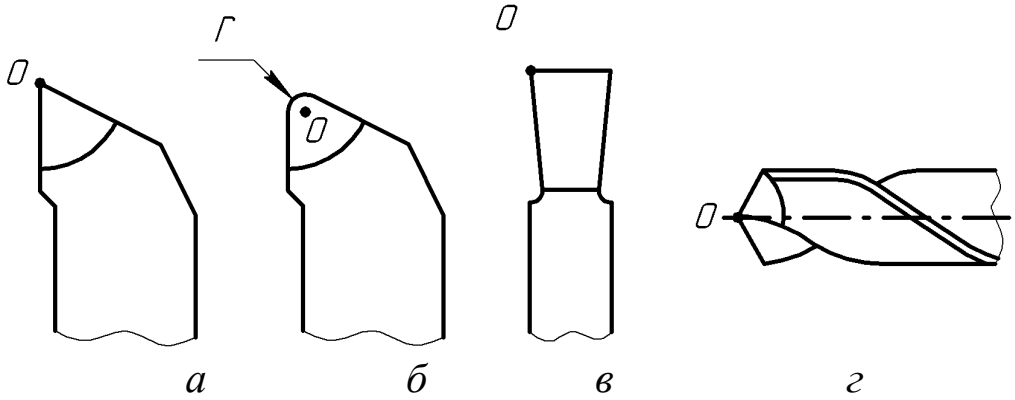


Рис. 3. Центры инструментов: *а* – резца с острой вершиной;
б – резцас радиусом при вершине;
в – канавочного и отрезного резца;
г – сверла

При контурной обработке центр инструмента должен перемещаться по эквидистанте контура детали, т.е. по геометрическому месту точек, равноудаленных от какой-либо линии и лежащих по одну сторону от нее. Эквидистанты бывают наружные $Э_{нар}$ и внутренние $Э_{вн}$ (рис. 4).

Частным случаем эквидистанты при токарной обработке резцом с острой вершиной является сам контур детали.

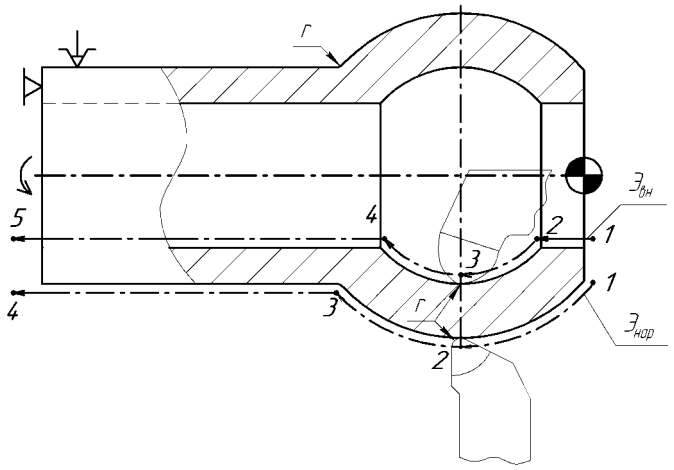


Рис. 4. Эквидистанта контура детали

Отдельные участки траектории перемещения центра инструмента (циклограммы) могут быть отрезками прямых, дуг окружностей или других кривых. На рис. 5 показаны схемы траекторий движения вершины резца для черновой и чистовой обработки вала.

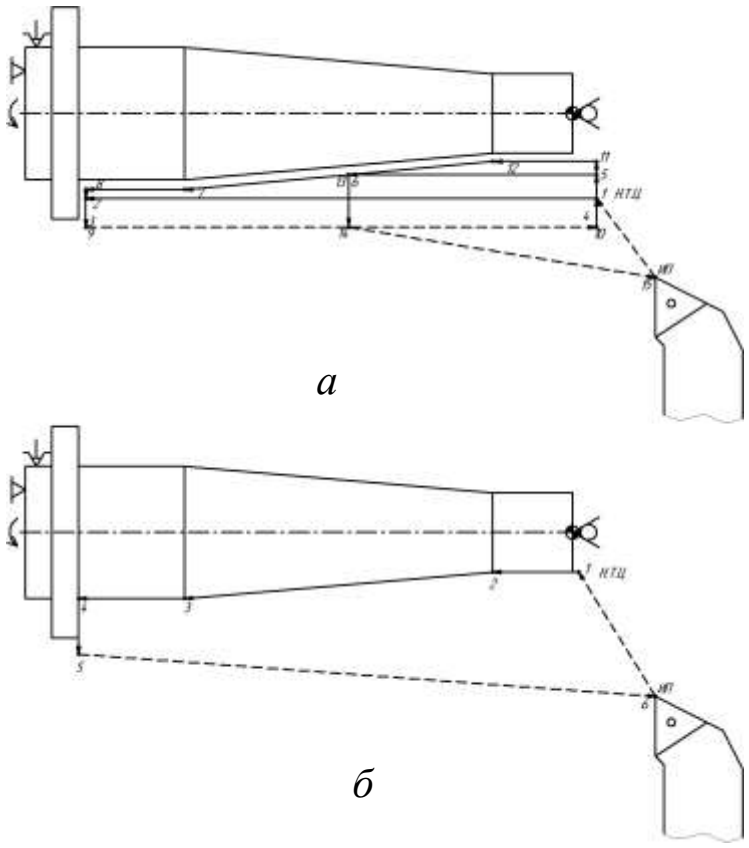


Рис. 5. Типовые траектории вершины резца при токарной обработке детали: *а* – черновые рабочие проходы; *б* – чистовой рабочий проход

Положение опорных точек (переломных точек циклограммы) определяется при помощи системы координат. Для обработки принята стандартная прямоугольная (Декартова) система координат. В системе координат для токарных станков приняты оси: Z – параллельная продольной подаче суппорта, совпадает с осью шпинделя станка, X – параллельная поперечной подаче суппорта.

Для токарных станков с ЧПУ различают систему координат станка и систему координат детали.

Начало координат станка O_c находится в центре зеркала кулачкового патрона, т.е. в центре сечения шпинделя перед посадочным конусом, центрирующим планшайбу патрона (рис. 6).

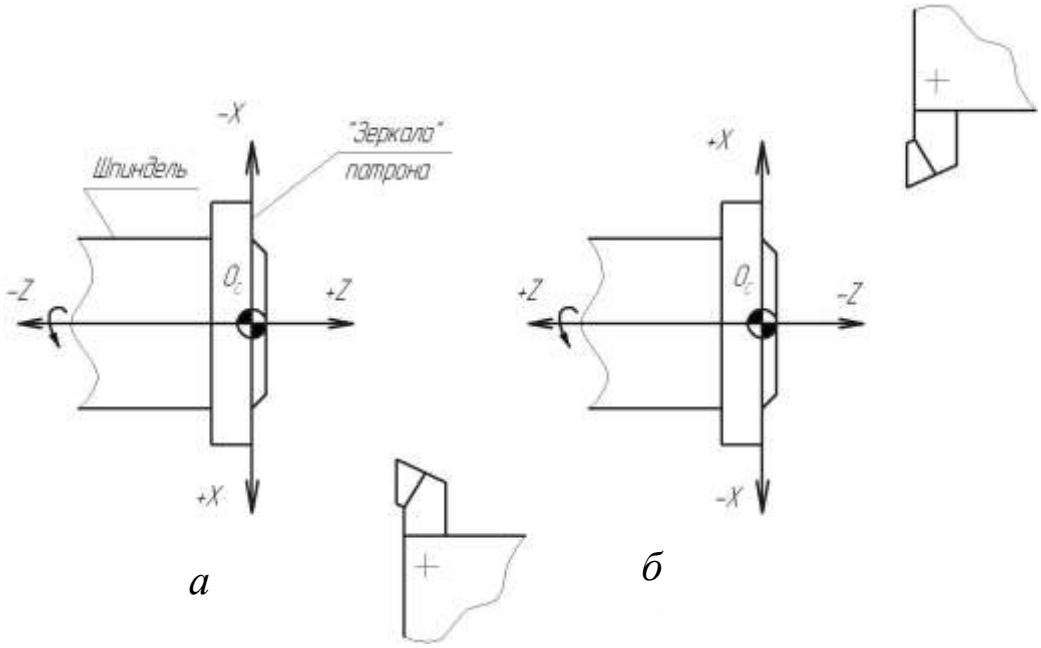


Рис. 6. Система координат токарного станка с ЧПУ:
а – переднее (или нижнее);
б – заднее (или верхнее) расположение
инструментальной головки

Направление осей координат зависит от расположения инструмента (например, у станков 16К20Т1 и 16А20Ф3 – впереди оси вращения шпинделя, у станка 1713Ф3 – сзади оси вращения). Движение по оси X реализуется перемещением поперечных салазок суппорта по направляющим каретки, а по оси Z – перемещением каретки по направляющим станины. Начало системы координат детали $O_д$ находится в центре левого или правого торца за-

готовки. Ось Z этой системы совпадает с осью Z станка, а ось X проходит в плоскости базового торца приспособления (например, торца планшайбы или уступа кулачков) либо в плоскости правого торца заготовки. Размеры относительно $O_д$, заданные на чертеже детали, пересчитываются в расстояния (координаты) до опорных точек обрабатываемого контура (рис. 7).

Координаты опорных точек циклограммы вершины резца можно определить непосредственно из чертежа детали либо путем расчетов.

При наладке станка производится так называемая «привязка» исходной точки *И.Т.*, которая совпадает с центром инструмента, к координатным системам станка и детали. Чтобы избежать нерациональных холостых пробегов, величину перемещения инструмента от исходной точки программы до первой обрабатываемой поверхности следует выбирать минимальной.

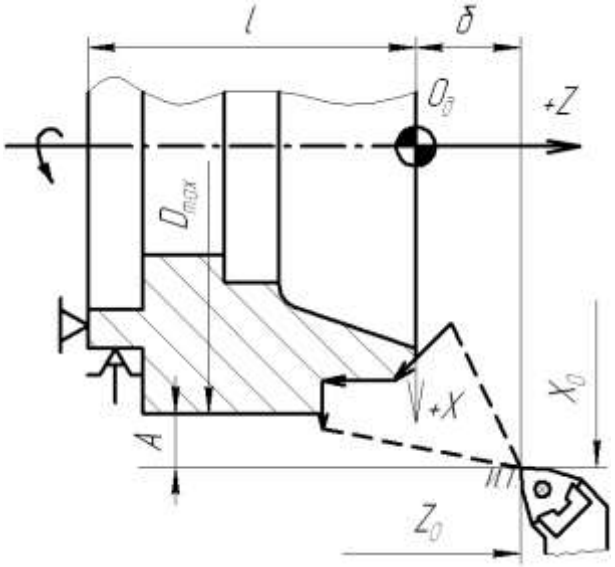


Рис. 7. Система координат детали

Положение инструмента в исходной точке должно хорошо просматриваться со стороны рабочего. Инструмент не должен мешать выполнению действий по установке, закреплению и снятию детали, удалению стружки. Для этого расстояния от точки *И.Т.* до торца заготовки *б* принимают в пределах 60–80 мм, а до наружной поверхности заготовки *А* – 10–30 мм (рис. 7). Точка на циклограмме, определенная относительно нуля детали $O_д$, в которую центр инструмента подводится по программе из исходной

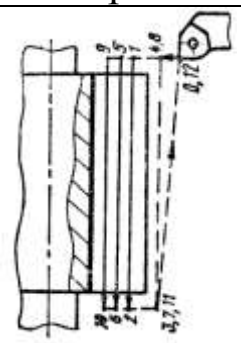
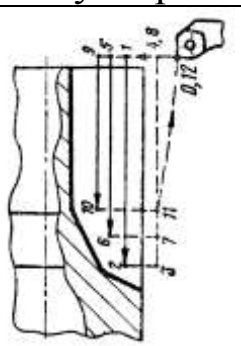
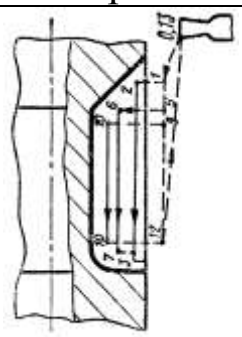
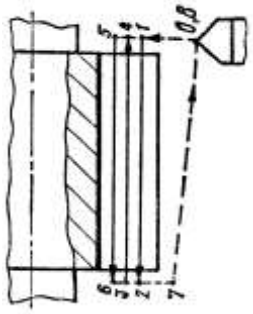
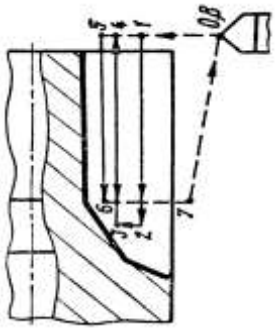
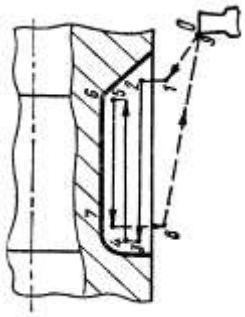
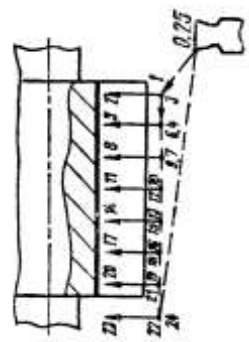
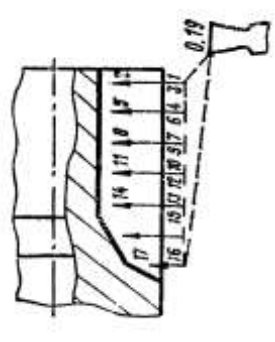
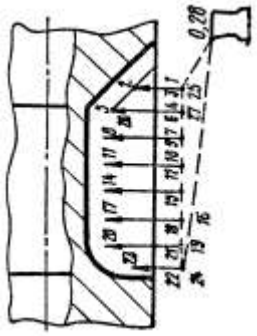
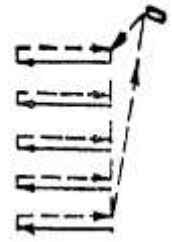
точки (*И.Т.*), от которой начинается непосредственный цикл рабочих и вспомогательных ходов по обработке заготовки, является начальной точкой (*Н.Т.*).

1.3. Типовые циклограммы вершины резца

В зависимости от конфигурации детали различают открытые, полуоткрытые и закрытые припуски. Для срезания припуска применяют типовые циклограммы вершины резца, такие как «петля», «зигзаг» и «спуск» (табл. 1).

Таблица 1

Типовые циклограммы вершины резца

Вид припуска			Схема циклограммы
открытый	полуоткрытый	закрытый	
			«петля»
			«зигзаг»
			«спуск» 

Схему «петля» используют при построении траектории движения проходных и других резцов, работающих в одном направлении. Схема «зигзаг» предназначена для обработки открытых припусков двухкромочными и чашечными резцами, которые допускают резание в прямом и обратном направлении. По схеме «спуск» выполняют протачивание прорезными резцами канавок и других элементов поверхностей, недоступных для обработки проходными резцами. Схемы обработки прямоугольной канавки и канавки с фасками канавочным резцом, ширина которого равна ширине канавки, а также многопроходного протачивания канавки резцом более узким, чем обрабатываемая канавка, приведены на рис. 8.

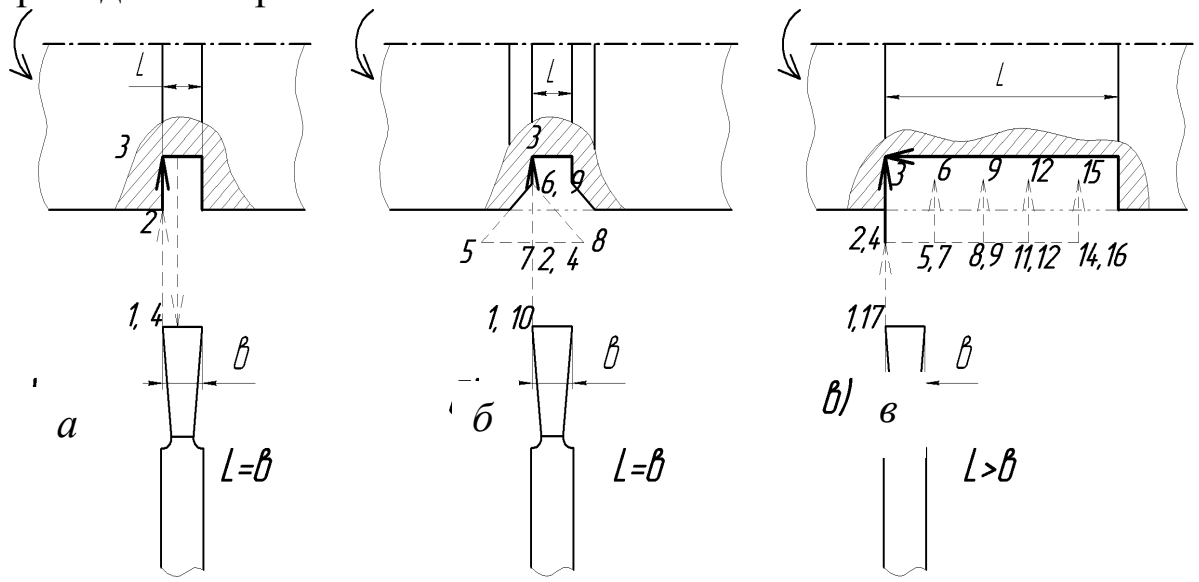


Рис. 8. Типовые схемы обработки канавок:
а – прямоугольной узкой *L=в*;
б – прямоугольной с фаской *L=в*;
в – широкой *L>в*

Канавки протачивают на рабочем ходу (*Р*) с заданной подачей. Выводят резец из канавки на ускоренном ходу (*У*). В конце протачивания канавки по схеме «спуск» задается выдержка времени на 1…3 секунды. Для того чтобы обеспечить правильную геометрическую форму и небольшую шероховатость поверхности дна канавки, деталь должна совершить не менее одного оборота после подхода режущей кромки резца на заданную координату. На рис. 9 приведена схема обработки широкой канавки

прорезным и проходным упорным резцами, а на рис. 10 – схема обработки торцовой канавки прорезным резцом.

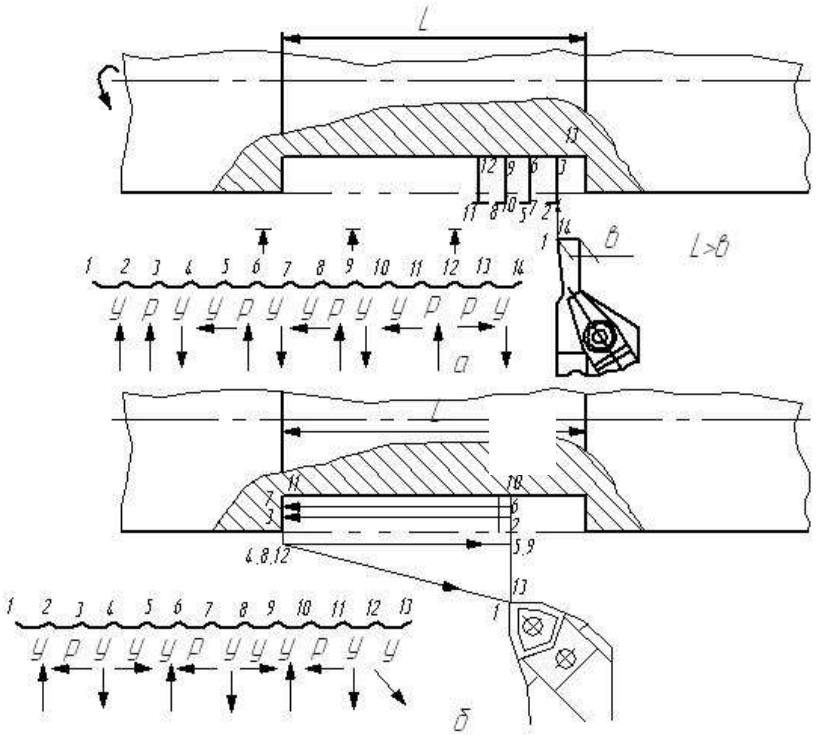


Рис. 9. Схема обработки широкой канавки с предварительным протачиванием прорезным резцом по схеме «спуск» (*а*) и доработки по схеме «спираль» (*б*) проходным упорным резцом

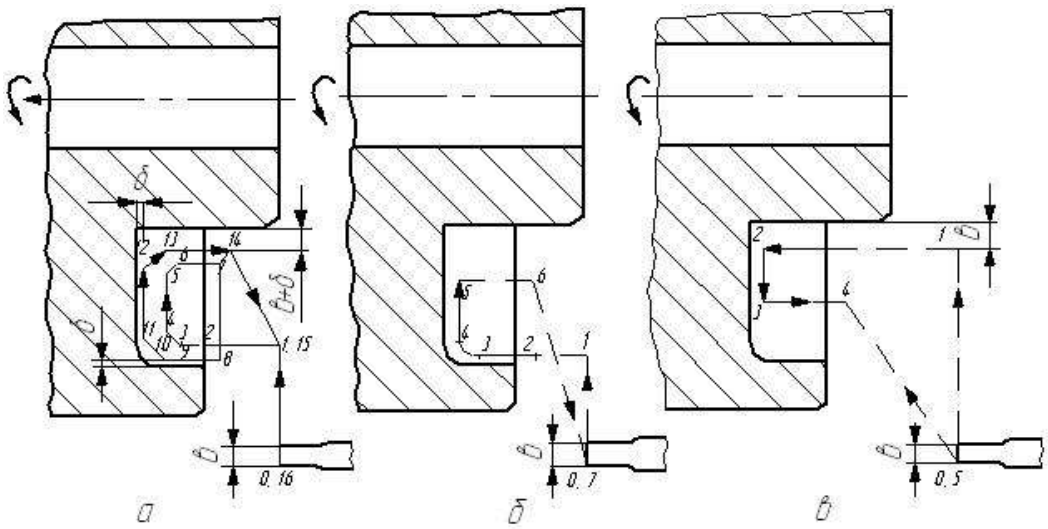


Рис. 10. Схема обработки торцовой канавки:
а – черновой; *б*, *в* – чистовые рабочие ходы
(*в* – ширина режущей кромки;
δ – припуск на чистовую обработку)

Черновое обтачивание торцовых поверхностей рекомендуется проводить при подаче резца в направлении «к детали» (рис. 11). Чистовую обработку деталей типа вал и фланец со снятием припуска не более 1,5 мм следует выполнять непрерывной подачей резца. Обработку необходимо начинать от центра торца детали.

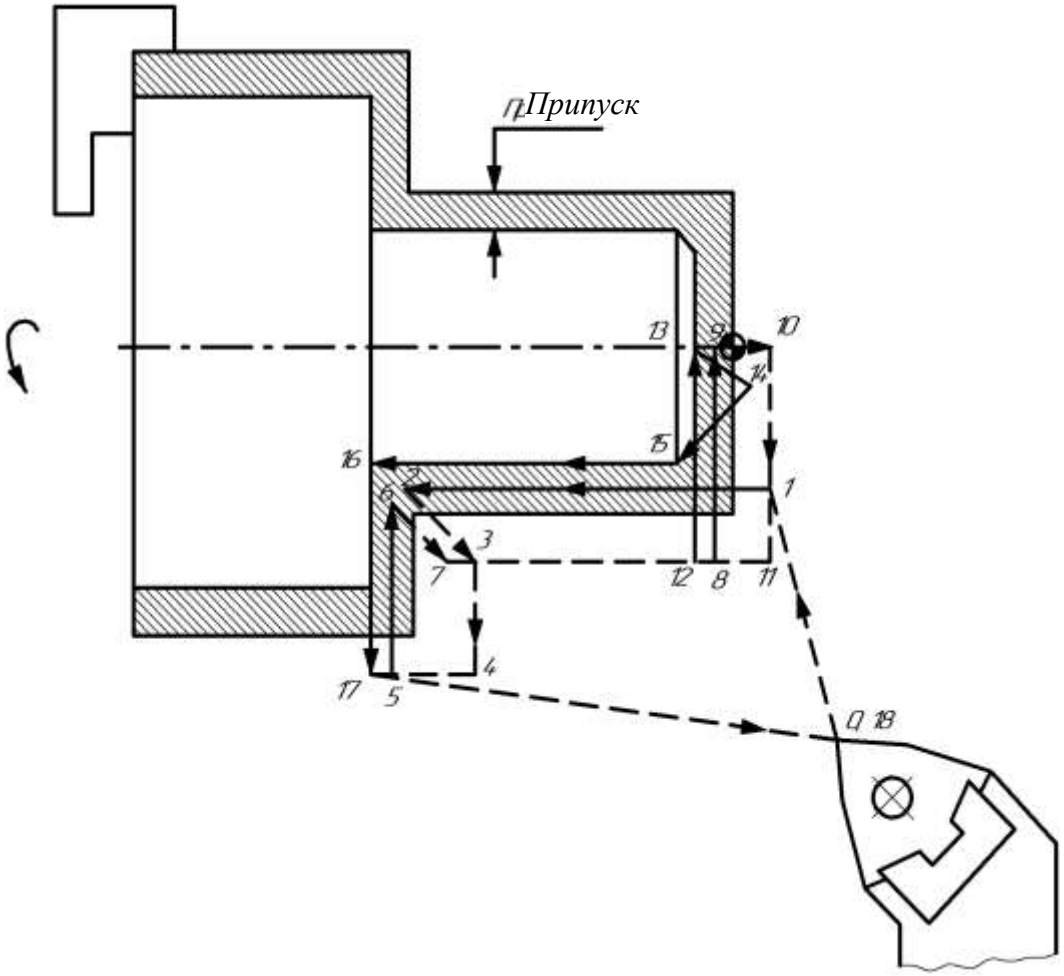


Рис. 11. Типовая циклограмма обработки с подрезанием торца и уступа подачей «к детали»

При подрезании торца подачей от центра происходит отжим резца. Поэтому перед переходом от торцовой поверхности к наружной для снятия упругой деформации резца рекомендуется задавать в управляющей программе так называемую «технологическую петлю» (рис. 12).

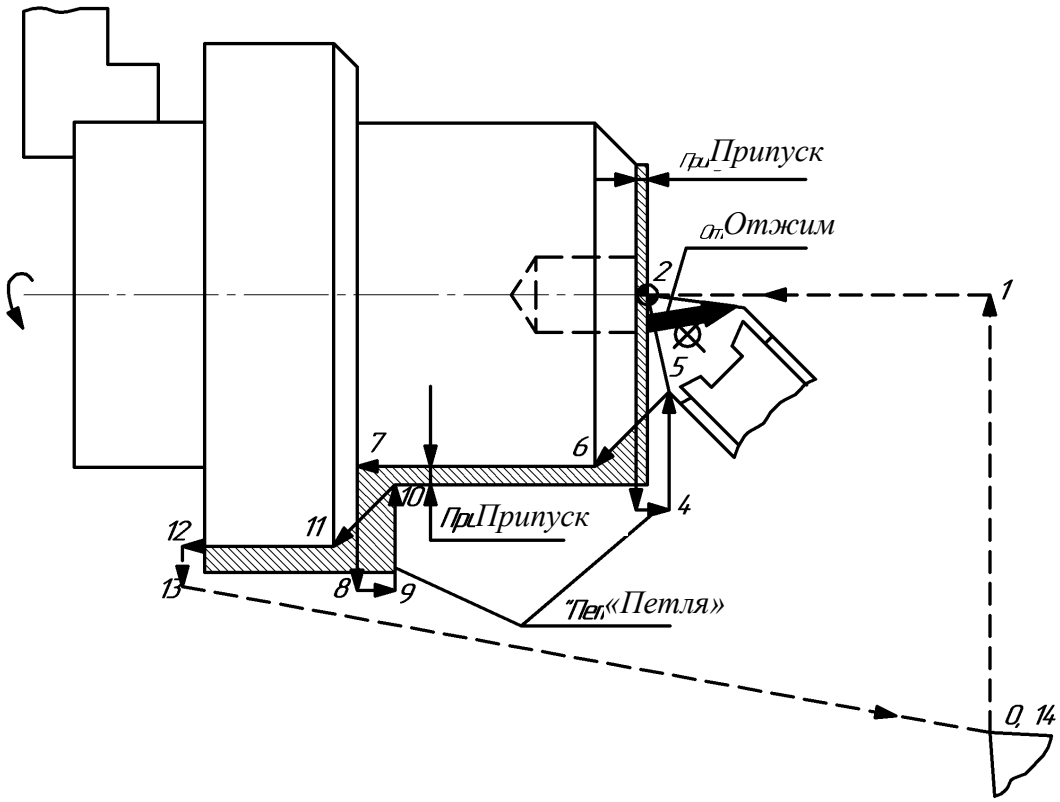


Рис. 12. Траектория вершины резца с технологическими петлями

1.4. Особенности нарезания резьбы

Автоматизация цикла движения резца при нарезании резьбы на токарном станке с ЧПУ позволяет применять твердосплавные резьбовые резцы. Резьбовые резцы для нарезания внутренних резьб позволяют обрабатывать резьбу с близким подходом к торцу.

Число рабочих ходов (проходов) зависит от шага резьбы *P*, обрабатываемого материала и заданной шероховатости. Например, по данным справочника [1], для нарезания резьбы с шагом *P* = 3 мм по стали резцом, оснащенным твердым сплавом Т15К6, рекомендуется три черновых и два чистовых прохода, а для нарезания трапецеидальной резьбы с шагом *P* = 3 мм – пять черновых и три чистовых прохода.

Глубина резания для каждого прохода выбирается из условия постоянства нагрузки на резец, т.е. примерного равенства суммарной площади среза для каждого прохода. При черновых проходах глубина резания должна быть прогрессивно убываю-

щей в каждом проходе, а глубина последнего прохода принимается в пределах 0,1–0,2 мм.

Чтобы определить глубину резания и соответственно координату вершины резца по оси X для каждого прохода, необходимо знать высоту профиля резьбы и разделить ее на части в соответствии с принятым количеством проходов. Высота профиля зависит от вида резьбы и шага. Например, для метрической резьбы с шагом 3 мм рабочая высота профиля h = 1,95 мм. При отсутствии справочных таблиц высоту профиля можно определить приближенно по зависимости $h = 0{,}65 \cdot P$. ЭВМ, встроенная в систему ЧПУ 2Р22, рассчитывает число рабочих ходов и автоматически обеспечивает требуемую глубину чистового прохода.

Врезание резца для выполнения резьбы с шагом до 2,5 мм обычно производится перпендикулярно к оси резьбы (рис. 13, *а*). При работе по этой схеме в процессе резания участвуют одновременно обе режущие кромки резца, в результате образуется жесткая стружка корытообразной формы, что увеличивает нагрузку на резец и снижает его стойкость. Для выполнения резьбы с шагом более 2,5 мм врезание производится под углом $\varepsilon/2$ (рис. 13, *б*). В этом случае работает одна режущая кромка резца. Нарезание резьбы по этой схеме позволяет обеспечить хорошие условия стружкообразования, но приводит к неравномерному износу режущих кромок резца.

Для облегчения стружкообразования и повышения стойкости резца рекомендуется нарезать резьбу с разбивкой, т.е. со смещением в разные стороны при каждом проходе. В этом случае в работе участвуют попеременно обе режущие кромки (рис. 13, *в*). Разбивку осуществляют путем углубления по оси X и одновременного смещения по оси Z вершины резца перед каждым рабочим ходом. Такая схема особенно целесообразна при нарезании трапецеидальных резьб и канавок модульных винтов-червяков (рис. 14). Чистовые проходы обычно выполняют с врезанием перпендикулярно к оси резьбы.

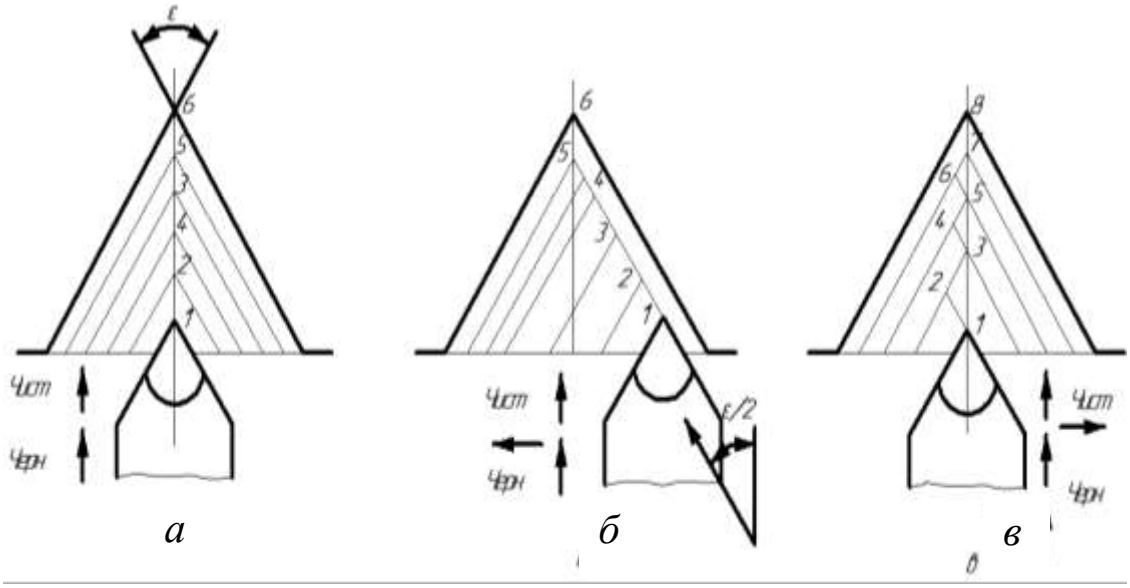


Рис. 13. Схемы удаления припуска при нарезании резьбы:
а – перпендикулярно к оси детали;
б – под углом ε/2;
в – в разбивку

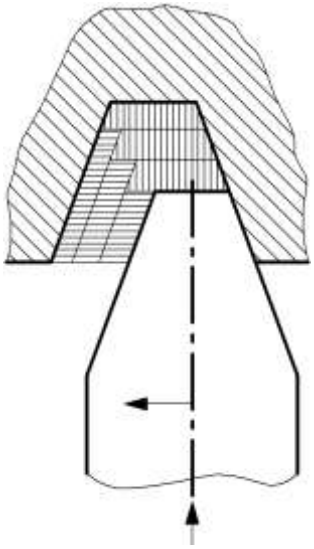


Рис. 14. Схема нарезания трапецеидальной резьбы

Путь прохода резца определяют по зависимости:

$$l_{пр} = l + \Delta Z + в/2,$$

где l – длина резьбового участка;

ΔZ – путь подхода (воздушный зазор);

в – ширина зарезьбовой канавки (рис. 15).

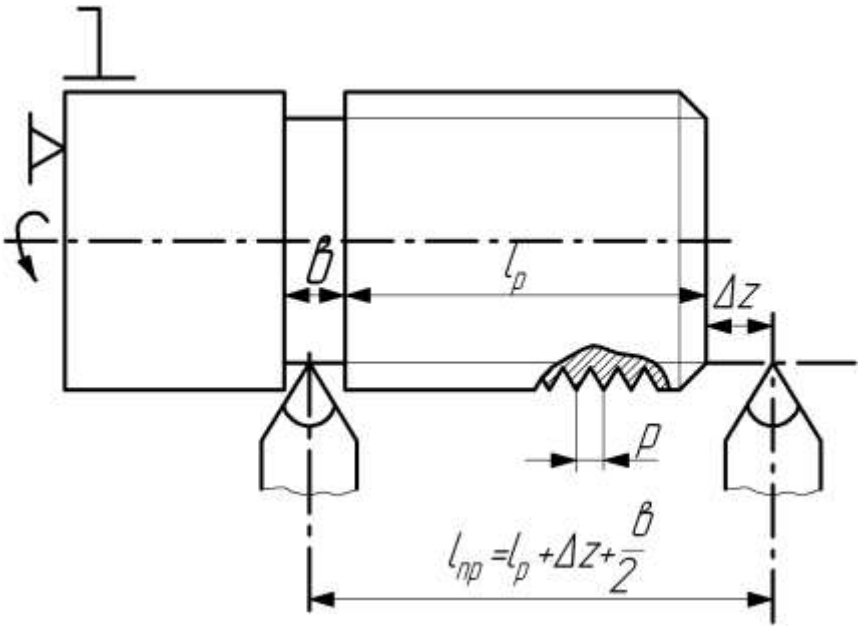


Рис. 15. Схема для определения пути рабочего хода резьбового резца

Путь подхода задается с целью компенсации возможного «мертвого хода» из-за износа деталей шариковой винтовой пары механизма подач. Величину пути подхода по оси Z принимают по специальной номограмме (рис. 16). Например, при n =700 об/мин и шаге резьбы $P = 3$ мм скорость продольной подачи $V_{прод} = 700 \cdot 3 = 2100$ мм/мин, путь подхода по номограмме $\Delta Z = 6{,}5$ мм.

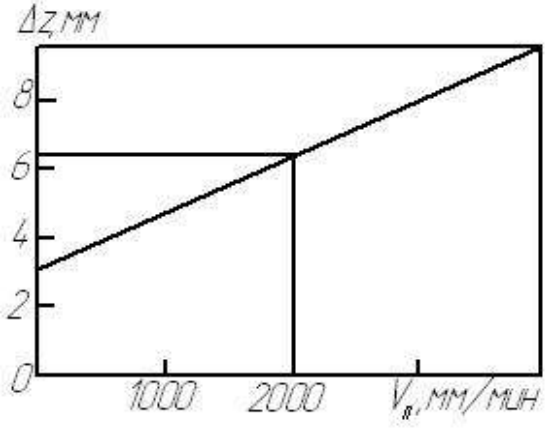


Рис. 16. Номограмма для определения пути подхода резца по оси Z

Врезание для левой резьбы производится в зарезьбовую канавку, а выход за пределы резьбового участка (перебег) задают равным шагу резьбы. Перед возвратными ходами следует зада-

вать отход резца от поверхности детали на 2…3 мм, т.е. координата точки вершины резца при его выходе по оси X равняется d + (2…3) мм. При нарезании резьбы по автоматическому циклу этот отход задается системой ЧПУ. В случае нарезания резьбы без зарезьбовой канавки, т.е. со сбегом, путь прохода резца $L = l + \Delta Z$ мм.

В случае нарезания многозаходной резьбы деление на заходы производится смещением исходного положения резца по оси Z на шаг резьбы P по управляющей программе перед нарезанием каждого захода. Например, при нарезании двухзаходной резьбы М30×6 (3) с шагом P=3 мм на длину 40 мм при ширине зарезьбовой канавки $в$ = 4 мм и ΔZ = 12 мм, путь рабочего хода для первого захода равен L_1 = 40 + 12 + 4/2 = 54 мм, для второго захода – L_2 = 40 + 12 + 4/2 + 3 = 57 мм.

2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКА 16А20Ф3, ОСНАЩЕННОГО СИСТЕМОЙ ЧПУ 2Р22

2.1. Устройство системы ЧПУ 2Р22

Система ЧПУ 2Р22 предназначена для выдачи управляющей программы (УП) на исполнительные органы токарных станков. Эта система выполняет следующие функции: ввод управляющей программы с клавиатуры пульта управления или программоносителя; отработку и редактирование управляющей программы непосредственно на станке; составление управляющей программы по образцу, когда обработка первой детали ведется в ручном, а обработка последующих деталей – в автоматическом режиме; ввод постоянных циклов в диалоговом режиме; использование сложных циклов многопроходной обработки; вывод управляющей программы на программоноситель и выполнение ряда других функций.

Более развитое по сравнению с системой ЧПУ «Электроника НЦ-31» функциональное программное обеспечение, хранящееся в постоянной памяти устройства, включение в него сложных циклов многопроходной обработки позволяют уменьшить объем вводимой информации и упростить составление управляющей программы.

Техническая характеристика системы ЧПУ 2Р22 приведена в табл. 2.

Таблица 2

Техническая характеристика устройства ЧПУ 2Р22

Конструктивное исполнение	Встраиваемое (в виде отдельных автономных блоков)
Базовая ЭВМ	Микро ЭВМ «Электроника 60М»
Количество управляемых координат	2
Наибольшее количество одновременно управляемых координат	2
Вид интерполяции	Линейно-круговая
Дискретность задания перемещений, мм	0,001

Продолжение табл. 2

Способ задания размеров в программе	В абсолютной и относительной системе
Максимальное программируемое перемещение, мм	9999,999
Режим работы	Автоматический, ручной, ввод данных, поиск кадра, редактирование, режим диалога при формировании УП по кадрам, выход в исходную точку и др.
Тип устройства для ввода данных	Фотосчитывающее устройство (ФСУ), клавиатура пульта управления (ПУ), кассетный накопитель на магнитной ленте
Тип устройства для хранения УП и управления ЧПУ, программы электроавтоматики и программы привязки системы к станку	Постоянное программируемое запоминающее устройство (ППЗУ)
Время хранения информация в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), час.	96
Коррекция:	
частоты вращения шпинделя	14–40 % с шагом 10%
рабочих подач	0–12 % с шагом 1 %
Индикация данных	На блоке отображения символьной информации (БОСИ)
Типы управляемых приводов:	
главного движения	Регулируемый
подач	Следящий
Предельные значения скоростей рабочего органа (РО), мм/мин:	
рабочих подач	До 5000 (при нарезании резьбы до 10000)
холостых перемещений	До 15000
Максимальный шаг нарезаемой резьбы, мм	40
Характеристика источника питания:	
род тока	Переменный, трехфазный
напряжение, В	380
частота, Гц	50±1

2.2. Принципы кодирования и порядок построения кадра

Ввод управляющей программы в память устройства ЧПУ 2Р22 возможен с пульта управления (рис. 17) или программоносителя. Назначение клавиш пульта управления приведено в табл. 3. В качестве программоносителя используют магнитную или восьмидорожечную бумажную ленту шириной 25,4 мм.

Программа состоит из последовательно записанных кадров, т.е. составных частей управляющей программы, вводимых и отрабатываемых как единое целое и содержащих не менее одной команды.

Каждый кадр начинается с порядкового номера N, состоит из переменного числа слов (составных частей кадра, содержащих данные о параметрах процесса обработки) и оканчивается символом «конец кадра». Каждое слово состоит из символа – адреса и следующей за ним группы цифр. Адрес определяет назначение цифр в кадре. В одном кадре нельзя программировать два слова одного адреса.

Структура слова определяется форматом, в котором указывают расположение адреса, знак и число геометрической или технологической информации в составе слова, количество записываемых цифр до и после запятой и другую информацию

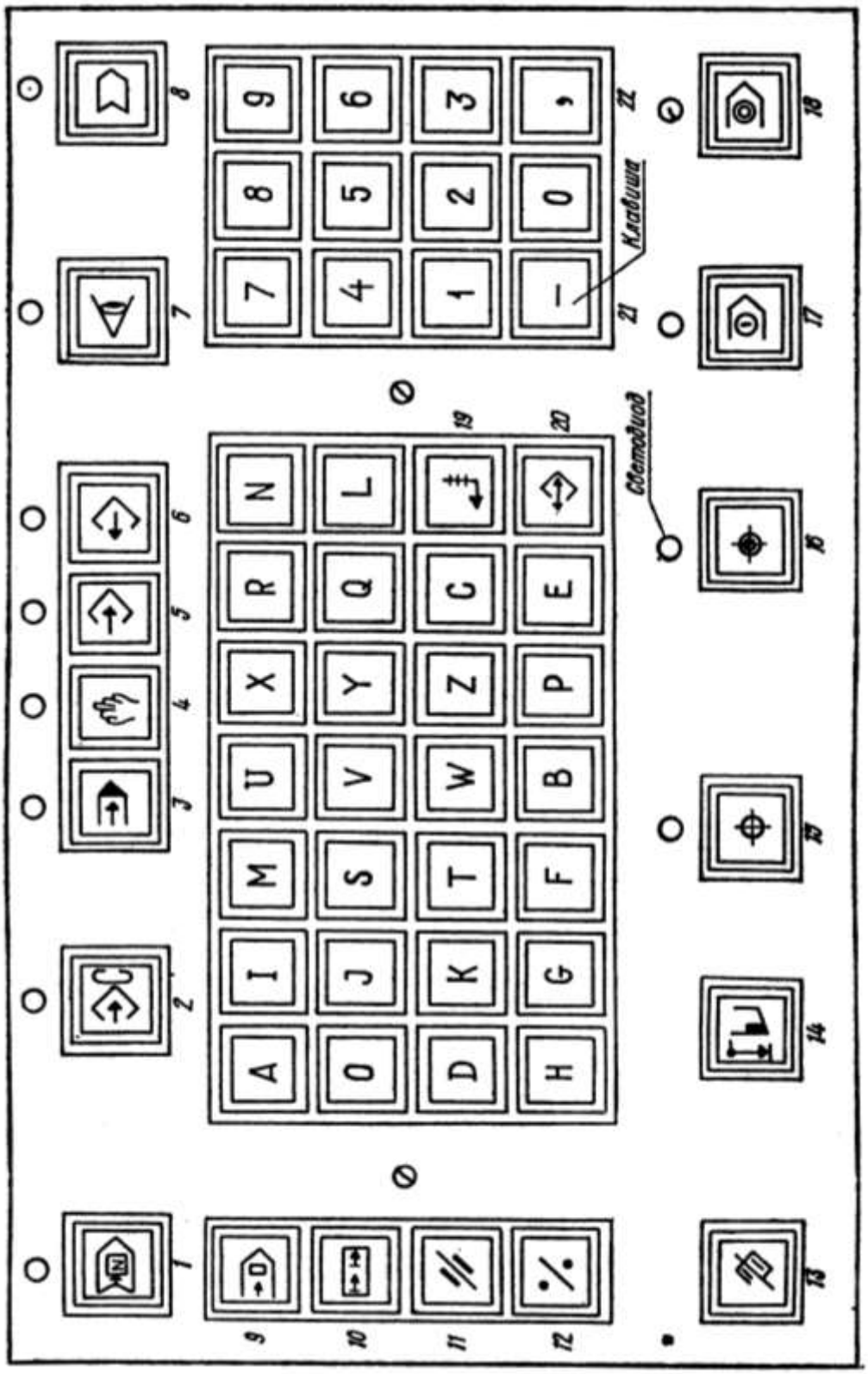


Рис. 17. Клавиатура пульта управления системы ЧПУ 2Р22

Для устройства ЧПУ 2Р22 форматы слов следующие: N03; X + 043; Z + 043; U + 043; W + 043; F023; T2; M2; S1–4; D043; C + 043; Q4-043; R + 0 43; B3; H3; L2; P11; A11; E; G2. После адресов N, T, M, S, B, H, L, G в формате записывают одну цифру, показывающую количество цифр в слове. Если нули, стоящие перед первой значащей цифрой, можно опустить, то после адреса записывают две цифры, первая из которых нуль. После адреса слова, содержащего размерные перемещения A, P, X, U, R, Z, W, D, C, Q, F, записывают две цифры, первая из которых показывает количество разрядов перед, а вторая – после десятичной запятой, или три цифры, первая из которых нуль, что позволяет опустить нули перед первой значащей цифрой.

Если абсолютные размеры всегда положительны, то между адресом и следующим за ним числом не ставят никакого знака, если они могут быть положительными или отрицательными, то между адресом и следующим за ним числом ставят знак «+». Например, N03 – трехзначный номер кадра. Незначащие нули перед номером можно не набирать: N125, N012 (или N12), N003 (или N3). Геометрическую информацию, т.е. значение координат конечных опорных точек участков траекторий по осям X и Z, или приращений U, W по осям X (U) или Z (W), записывают следующим образом: X043; Z – 0,43; U0,643; W0,43. Незначащие нули в начале и в конце геометрической информации, а также знак «+» могут опускаться. Например, перемещение по оси Z в точку с координатой +36,18 мм записывают Z36,18; перемещение по оси Z на 364,583 мм к передней бабке – W – 364,583; перемещение по оси X до Ø 12,38 мм – X12,38; перемещение по оси X на 0,16 мм к оси центров – U – 0,16.

Время выдержки задают по адресу D с точностью до 0,001 с. Например, время выдержки 2 с записывают D2.

Подачу рабочего органа задают по адресу F, постоянные циклы – по адресу L, вспомогательные технологические команды – по адресу M, подготовительные функции – по адресу G (табл. 4–6). Обязательным условием конца управляющей программы является наличие в последнем кадре команды M02.

Таблица 3

Назначение клавиш пульта управления системы ЧПУ 2Р22

Номер клавиши (рис. 17)	Символ клавиши	Назначение
1	2	3
1		Поиск кадра (останов в конце кадра со световой индикацией)
2		Ввод констант (со световой индикацией)
3		Автоматический режим
4		Ручное управление (со световой индикацией)
5		Ввод (со световой индикацией)
6		Вывод (со световой индикацией)
7		Диагностика состояния станка (со световой индикацией)
8		Ввод УП на внешний носитель информации (со световой индикацией), а также вывод УП с него
9		Сдвиг кадра в УП
10		Сдвиг фразы в кадре
11		Чистка памяти (стирание кадра или его части)

Окончание табл. 3

1	2	3
12		Начало программы (коррекция)
13		Сброс памяти
14		Ввод программы по образцу
15		Выход в исходное положение (со световой индикацией)
16		Выход в фиксированную точку станка (со световой индикацией)
17		Пуск УП (со световой индикацией)
18		Стоп УП (со световой индикацией)
19		Возврат каретки
20		Ввод данных (перевод строки)
21		Задание знака «минус»
22		Задание знака «запятая»

Таблица 4

Обозначение и назначение постоянных циклов

Обозначение цикла	Назначение
L01	Нарезание наружной или внутренней цилиндрической, конической, многопроходной, однопроходной резьбы
L02	Протачивание прямоугольных канавок
L03	Наружная обработка по схеме «петля»
L04	Внутренняя обработка по схеме «петля»
L05	Торцевая обработка по схеме «петля»
L06	Глубокое сверление
L07	Нарезание резьбы метчиком или плашкой
L08	Черновая обработка с припуском и без него
L09	Обработка поковок
L10	Чистовая обработка
L11	Повторение участка программы

Таблица 5

Обозначение и назначение вспомогательных технологических функций

Обозначение функции	Назначение
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Конец управляющей программы
M08	Включение охлаждения
M09	Выключение охлаждения
M17	Конец описания детали для циклов L08, L09, L10
M18	Конец участка программы, повторяющегося в цикле L11
M20	Передача управления роботу РТК

Таблица 6

Обозначение и назначение подготовительных функций

Обозначение функции	Назначение
G05	Используется для сопряжения элементов контура, когда в конце кадра не требуется торможения (при сопряжении контуров)
G10	Задается перед кадрами, для которых необходима постоянная скорость резания (частота вращения изменяется автоматически в зависимости от диаметра)
G11	Отменяет действие функции G10
G12	Смена инструмента не в исходном положении
G94	Задание рабочей подачи в миллиметрах в минуту
G95	Задание рабочей подачи в миллиметрах на оборот шпинделя

2.3. Программирование частоты вращения шпинделя, подачи и позиции инструмента

Частота вращения шпинделя задается по адресу S, после которого записывают диапазон (1–3), знак направления вращения шпинделя и частоту вращения.

Знак минус обозначает вращение шпинделя по часовой стрелке (обратное вращение). Запись S3 – 1500 показывает, что выбран третий диапазон и шпиндель вращается с частотой 1500 об/мин по часовой стрелке, а запись S2 150 – выбран второй диапазон, а шпиндель вращается с частотой 150 об/мин против часовой стрелки (прямое вращение).

Величину подачи рабочего органа задают по адресу F. Например, запись F0,25 показывает, что подача составляет 0,25 мм/об, запись F1 – подача 1 мм/об.

Поворот резцедержателя восьмипозиционной многорезцовой автоматической головки для установки инструмента в рабочую позицию задают по адресу T, после которого записывают номер позиции. Например, запись T6 показывает, что на рабочую позицию устанавливается инструмент, находящийся в шестом гнезде поворотного резцедержателя.

2.4. Программирование линейных перемещений

В зависимости от нанесения размеров на чертеже детали и последовательности обработки линейные перемещения могут быть заданы в абсолютной или относительной системах отсчета. Перемещение по оси X в абсолютной системе отсчета задается адресом X и координатой конечной точки пути относительно нулевой точки детали. Координаты в абсолютной системе по оси X задаются на диаметр.

Например, запись кадра N005 при линейном перемещении резца по координате X в абсолютной системе отсчета имеет вид:

N005 X20 – для протачивания наружной канавки до ∅ 20 мм (рис. 18, *а*)

N005 X26 – при протачивании внутренней канавки (рис. 18, *б*).

Без задания рабочей подачи линейное перемещение не реализуется, поэтому в одном из предыдущих кадров управляющей программы должна быть задана подача.

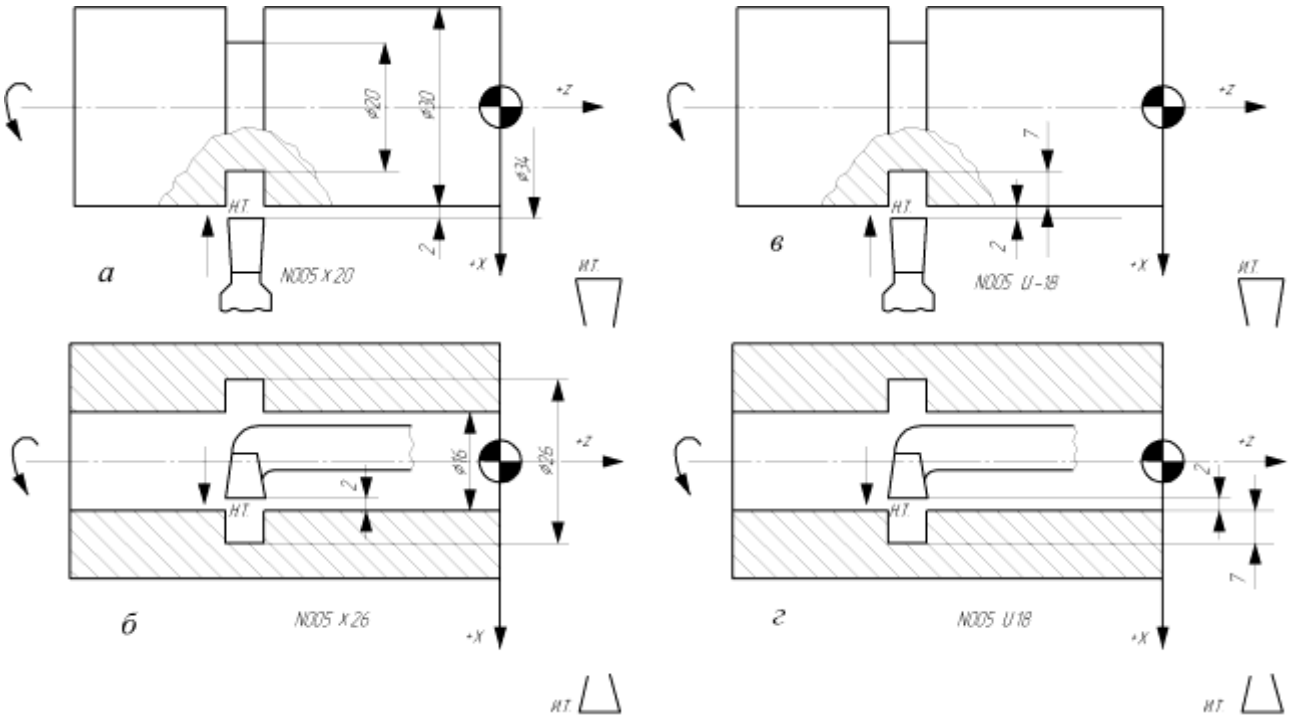


Рис. 18. Пример программирования линейных перемещений по оси X в абсолютной системе отсчета (*а*, *б*) и в относительной системе отсчета (*в*, *г*)

В относительной системе отсчета перемещение по оси X задается адресом U и числовым значением этого перемещения, которое представляет собой разность координат конечной и начальной точек относительно нулевой точки (X2 – X1). Если резец перемещается от оператора к шпинделю станка, перед числовым значением перемещения ставят знак минус. Знак плюс опускают.

При протачивании наружной канавки (рис. 18, *в*) перемещение резца по оси X равно (2 мм + 7 мм)×2 = 18 мм. Запись кадра в относительной системе отсчета имеет вид: N005 U-18.

Аналогично для протачивания внутренней канавки (рис. 18, *г*) запись кадра можно представить следующим образом: N005 U18.

Перемещения по оси Z в абсолютной системе задаются адресом Z и координатой конечной точки пути с ее знаком относительно нулевой точки детали. Перемещение по оси Z в относительной системе задается по адресу W. Числовое значение перемещения равно приращению координат соседних опорных точек (Z2 – Z1). Направление движения в обеих системах определяется соответствующим знаком. В абсолютной системе ставится знак координаты, в которую происходит перемещение. В относительной системе перед числовым значением перемещения ставится знак минус, если перемещение происходит в сторону, противоположную положительному направлению оси Z.

Например, перемещение резца из начальной точки *Н.Т.* с координатами X = 40 мм, Z = 1 мм до точки с координатами X = 40 мм, Z = –50 мм (рис. 19) в абсолютной системе записывается кадром N008 Z-50, а в относительной системе – кадром N008 W-51.

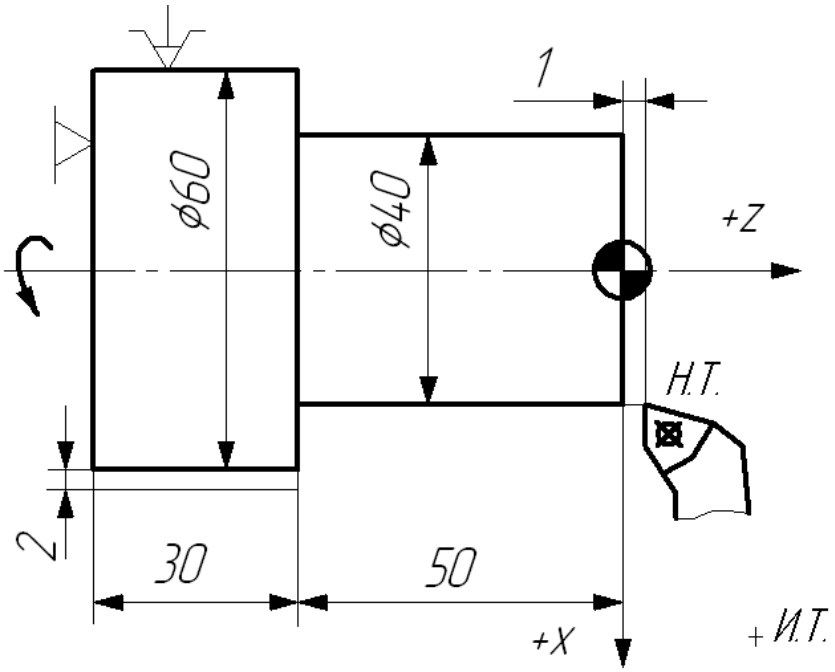


Рис. 19. Программирование линейных перемещений резца по оси Z в абсолютной и относительной системах отсчета

Управляющая программа с линейными перемещениями, записанными в абсолютной системе отсчета для обработки заготовки из проката диаметром 58 мм при частоте вращения шпинделя – $n = 500$ об/мин и подаче – $s = 0{,}3$ мм/об (рис. 20), имеет следующий вид:

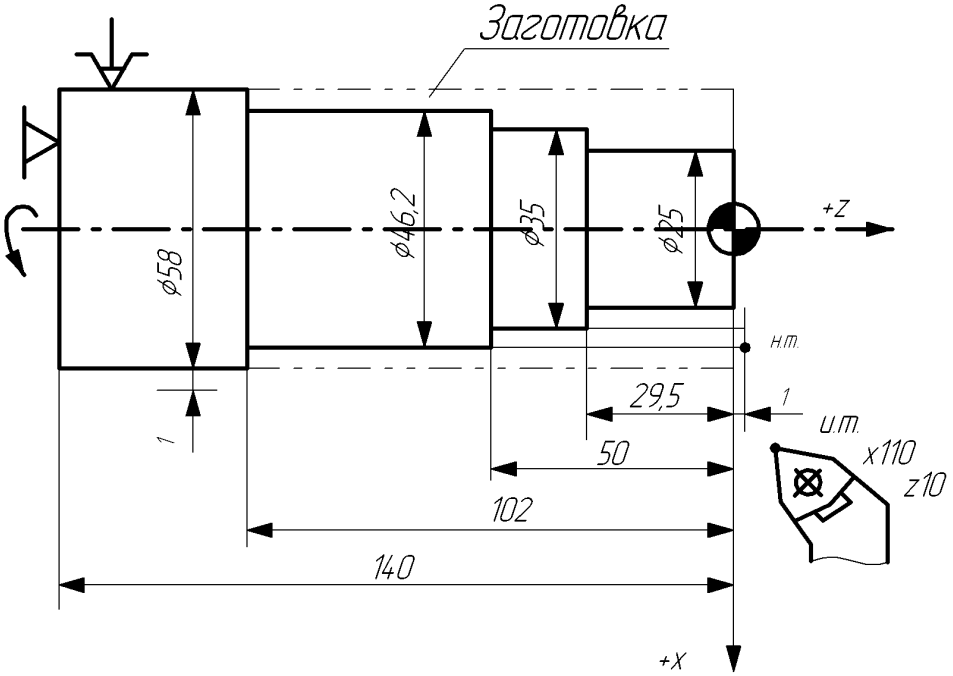


Рис. 20. Эскиз ступенчатого валика с нанесением размеров для программирования обработки в абсолютной системе отсчета

N001 T1 S2 500 F0,3	Револьверная головка устанавливается в первую позицию, второй диапазон, *n* = 500 об/мин, *s* = 0,3 мм/об.
N002 X46,2 Z1E	Подход резца к *Н.Т.* (X46,2; Z1) ускорено (для обработки 1-й ступени).
N003 Z-102	Точение ∅ 46,2 мм на длину 102 мм.
N004 X60	Отвод резца по оси X до ∅ 60 мм.
N005 Z1E	Отход резца по оси Z ускорено в точку Z = 1 мм.
N006 X39 E	Подвод резца по оси X к ∅ 39 мм ускорено (1-й рабочий ход по 2-й ступени).
N007 Z-50	Точение ∅ 39 мм на длину 50 мм.
N008 X48	Отвод резца по оси X до ∅ 48 мм.
N009 Z1E	Отход резца по оси Z ускорено в точку Z = 1 мм.
N010 X35E	Подвод резца по оси X к ∅ 35 мм ускорено (2-й рабочий ход на 2-й ступени).
N011 Z-50	Точение ∅ 35 мм на длину 50 мм.
N012 X48	Отвод резца по оси X до ∅ 48 мм.
N013 Z1E	Отход резца по оси Z ускорено в точку Z = 1 мм.
N014 X25E	Подвод резца по оси X к ∅ 25 мм ускорено.
N015 Z-29,5	Точение ∅ 25 мм на длину 29,5 мм.
N016 X37	Отвод резца по оси X до ∅ 37 мм.
N017 M02	Конец управляющей программы (останов шпинделя, отвод резца ускорено в исходную точку (*И.Т.*) сначала по оси X, затем по оси Z).

В кадрах одной и той же управляющей программы перемещения можно записывать в абсолютной и относительной системе отсчета. Например, в программе для обработки заготовки из штамповки при *n* = 500 об/мин, *s* = 0,3 мм/об (рис. 21) кадр N002 записан в абсолютной, а кадры N003 – N008 – в относительной системе отсчета.

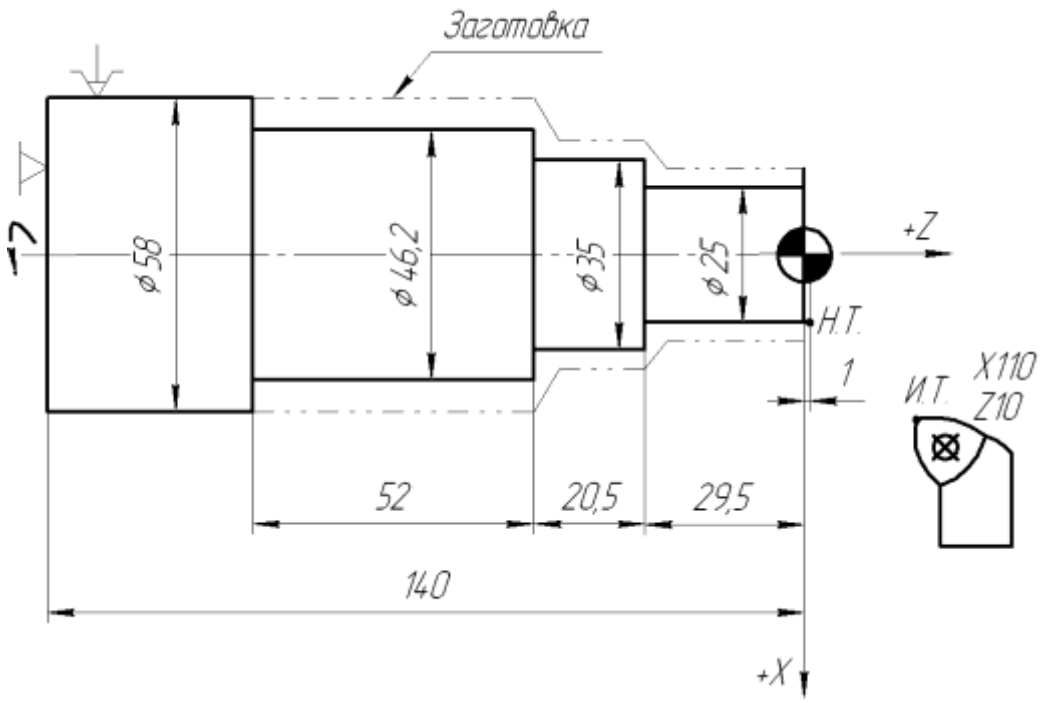


Рис. 21. Эскиз валика для программирования обработки в относительной системе отсчета

N001 T1 S2 500 F0,3	Резец T1, второй диапазон, *n* = 500 об/мин, *s* = 0,3 мм/об.
N002 X25 Z1E	Подход резца к *Н. Т.* (X25, Z1) ускорено.
N003 W-30,5	Точение шейки ∅ 25 мм на длину 29,5 мм.
N004 U10	Точение торца до Ø 35 мм.
N005 W-20,5	Точение шейки ∅ 35 мм на длину 20,5 мм.
N006 U11,2	Точение торца до ∅ 46,2 мм.
N007 W-52	Точение шейки ∅ 46,2 мм на длину 52 мм.
N008 U13,8	Точение торца до ∅ 60 мм.
N009 M02	Конец управляющей программы (останов шпинделя, отвод резца ускорено в исходное положение сначала по оси X, затем по оси Z).

2.5. Программирование обработки конических поверхностей и снятия фасок под углом 45°

При программировании обработки конических поверхностей линейные перемещения по осям X и Z задают в одном кадре. В этом кадре управляющей программы указывают координаты конечной точки перемещения вершины резца с учетом знаков. Такой способ программирования обработки конических поверхностей, включая и обработку фасок, является наиболее универсальным, так как позволяет программировать обработку с любым углом конусности.

Если резец имеет радиусную вершину, то при переходе от цилиндрической к конической поверхности по осям X и Z необходима коррекция на координаты конечной опорной точки.

Управляющая программа для обработки детали с прямым и обратным конусом (рис. 22) имеет вид:

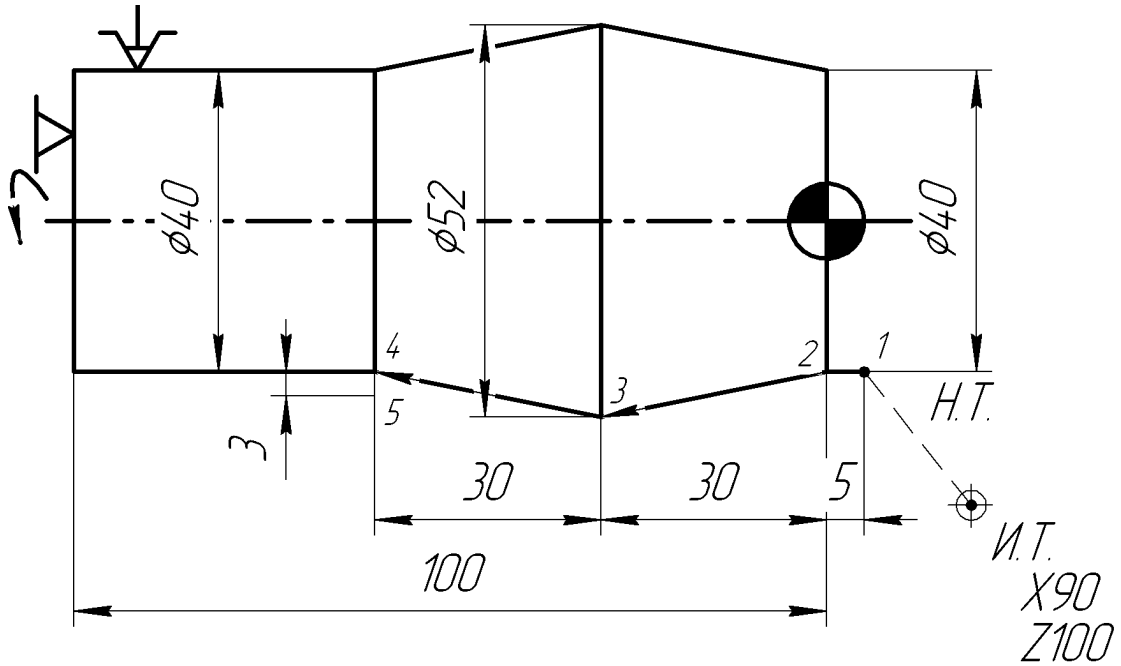


Рис. 22. Программирование обработки конических поверхностей

N001 T1 S3 600 F0,25	Резец T1, третий диапазон, *n* = 600 об/мин, *s* = 0,25 мм/об.
N002 X40 Z5 E	Подход резца к точке 1 с координатами X = 40, Z = 5 ускорено.
N003 Z0	Перемещение резца на рабочей подаче в точку с координатами X = 40, Z = 0.
N004 X52 Z-30	Точение прямого конуса на рабочей подаче.
N005 U-12 W-30	Точение обратного конуса на рабочей подаче, перемещение по координатам X и Z задано в относительной системе отсчета.
N006 X54 E	Отвод резца до диаметра 54 мм ускорено.
N007 M02	Конец управляющей программы; возвращение резца в *И.Т.*

Для снятия фасок под углом 45° можно использовать и другой способ программирования. При этом способе обработку фаски под углом 45° задают кадром, в котором указывают следующие данные: одну из координат, по которой идет обработка до фаски (X или Z); числовое значение этой координаты, соответствующее конечной точке перемещения с учетом фаски со знаком, определяющим направление перемещения; адрес C и число, определяющее величину фаски. Знак перед числом под адресом C соответствует знаку обработки по координате X. Направление по координате Z задается только в отрицательную сторону.

Примеры программирования снятия фасок в абсолютной и относительной системах отсчета приведены на рис. 23 и рис. 24.

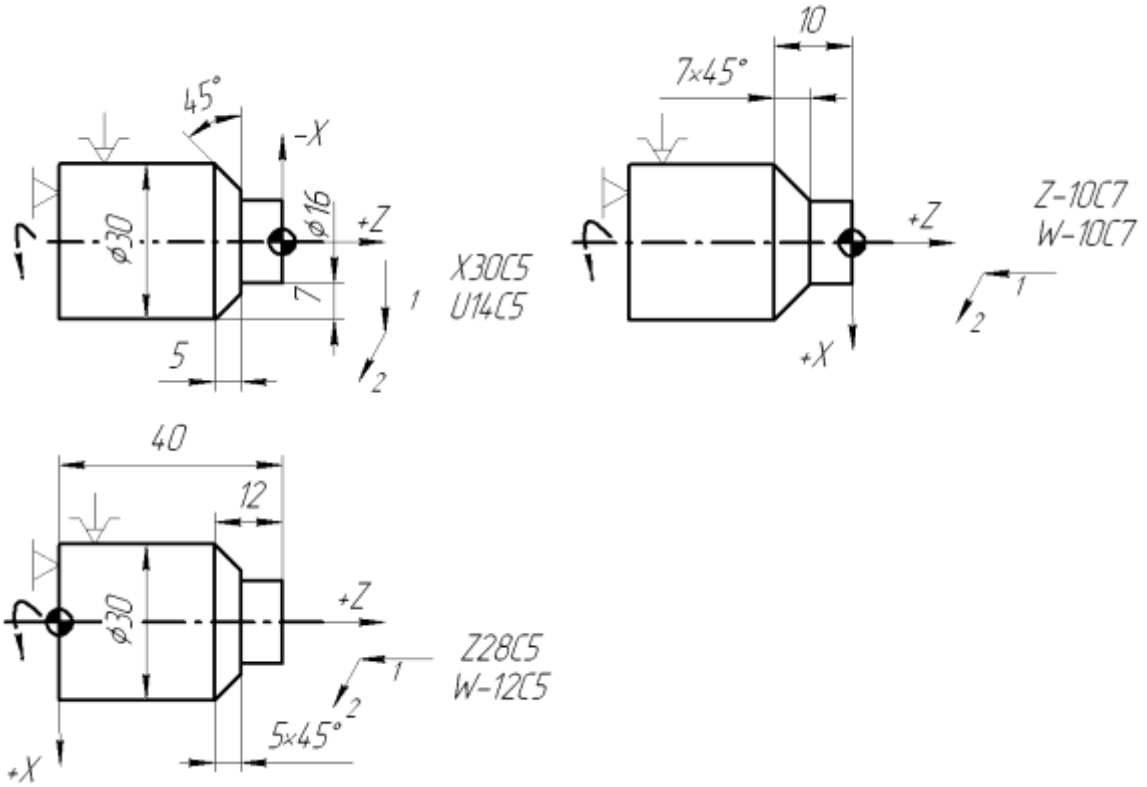


Рис. 23. Пример записи в кадрах управляющей программы обработки фасок при наружном точении:
1 – движение, предшествующее обработке фасок; *2* – направление движения по оси X при обработке фаски

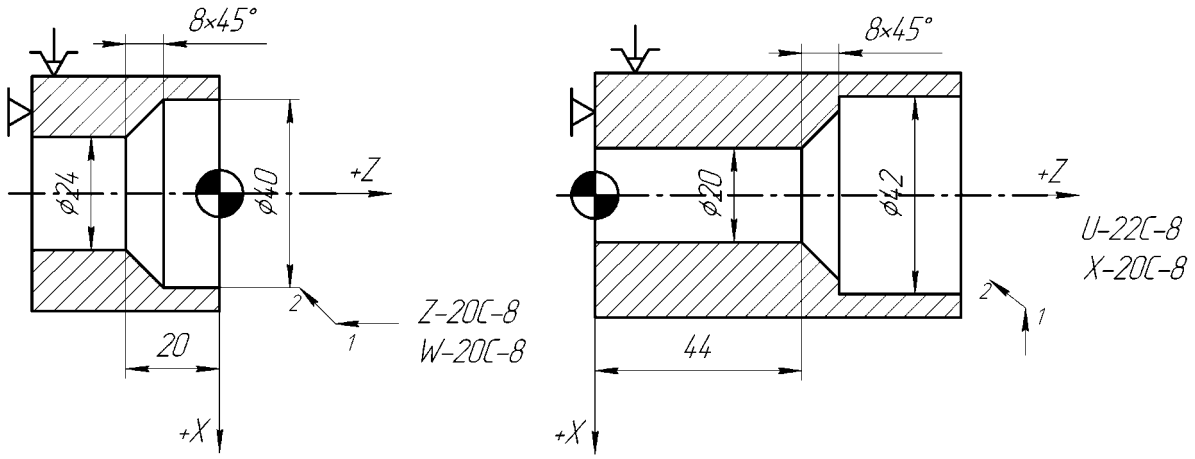


Рис. 24. Примеры записи в кадрах управляющей программы растачивания фасок:
1 – направление движения, предшествующее обработке фаски,
2 – направление движения по оси X при обработке фаски

2.6. Программирование обработки по дуге окружности

Кадр управляющей программы, по которому программируют обработку галтели и скругления (дуга окружности с углом 90°), содержит следующие данные: обозначение координаты, по которой идет обработка детали перед галтелью или скруглением (X или Z); числовое значение координаты конечной точки перемещения с учетом галтели или скругления со знаком, указывающим направление перемещения; адрес Q и числовое значение радиуса галтели или скругления. Знак перед числовым значением под адресом Q должен совпадать со знаком обработки по координате X. Направление по координате Z задают только в отрицательную сторону.

Примеры записи обработки галтелей и скруглений в абсолютной и относительной системе отсчета приведены на рис. 25.

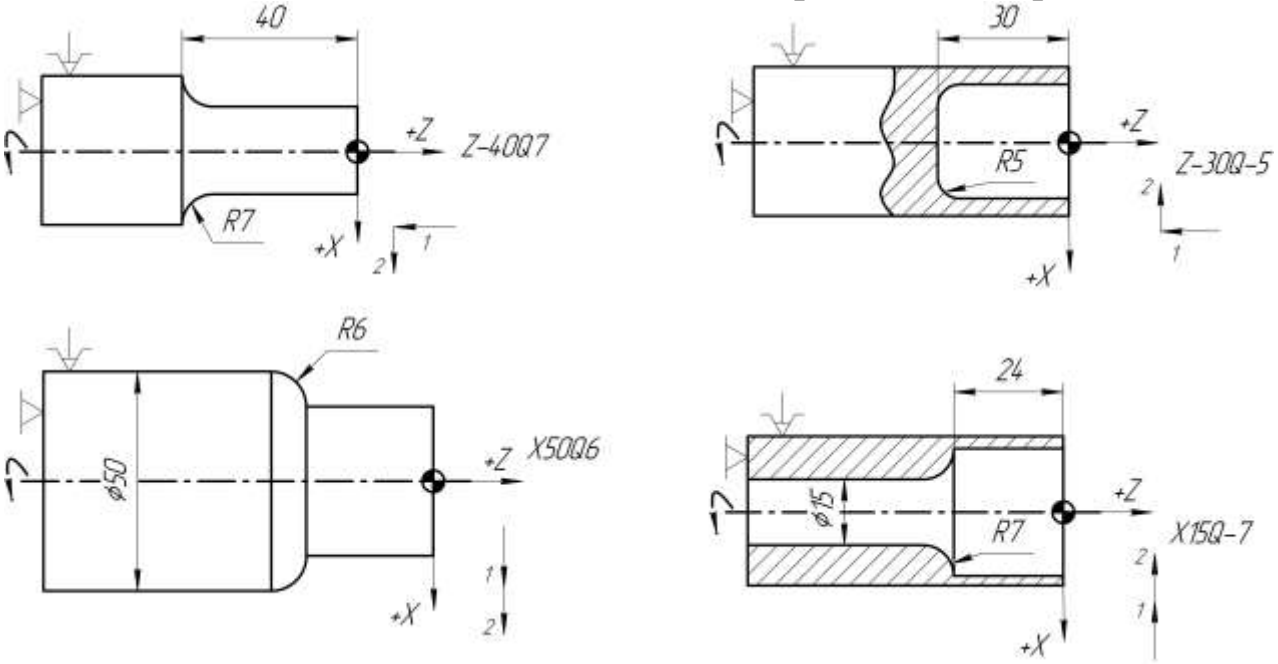


Рис. 25. Примеры записи в кадрах управляющей программы обработки галтелей и скруглений:
1 – направление движения до галтели или скругления;
2 – направление галтели или скругления по оси X

Кадр управляющей программы, которым программируют обработку дуг окружности в пределах угла до 90°, содержит обозначение координат конечной точки дуги (X и Z), числовые значения координат конечной точки дуги в абсолютной или относи-

тельной системах, адрес R и числовое значение радиуса дуги со знаком плюс при обработке по часовой, минус – против часовой стрелки.

Примеры записи кадров управляющей программы для обработки дуг окружности приведены на рис. 26 и рис. 27.

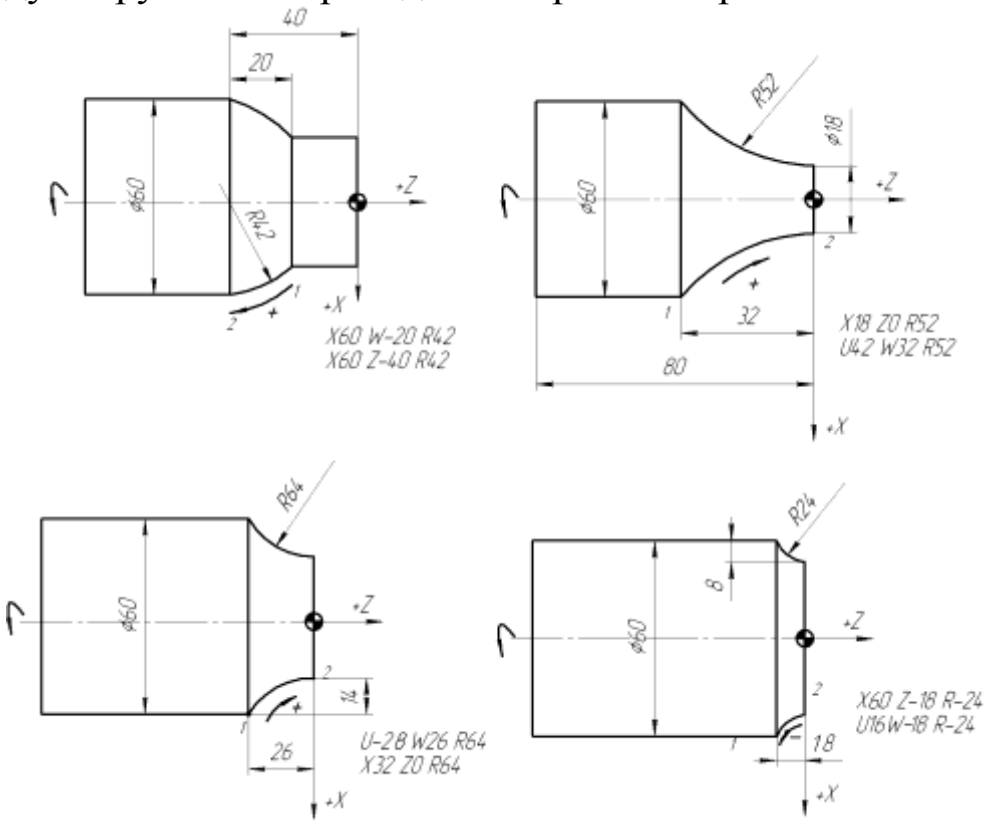


Рис. 26. Примеры записи обработки наружных поверхностей по дуге окружности (в пределах угла до 90°)

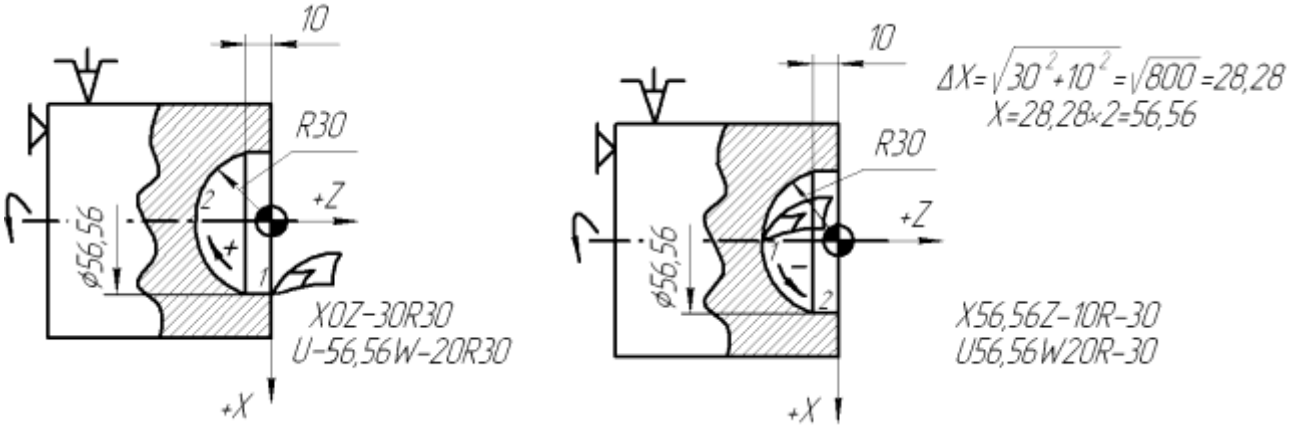


Рис. 27. Примеры записи обработки внутренних поверхностей по дуге окружности (в пределах угла до 90°)

Для составления управляющей программы чистовой обработки фасонной поверхности детали (рис. 28) контурным резцом необходимо определить отрезок $OB = OA - AB = 80 - 20 = 60$ мм; $B3 = B5 = \sqrt{80^2 - 60^2} = 52{,}9$ мм.

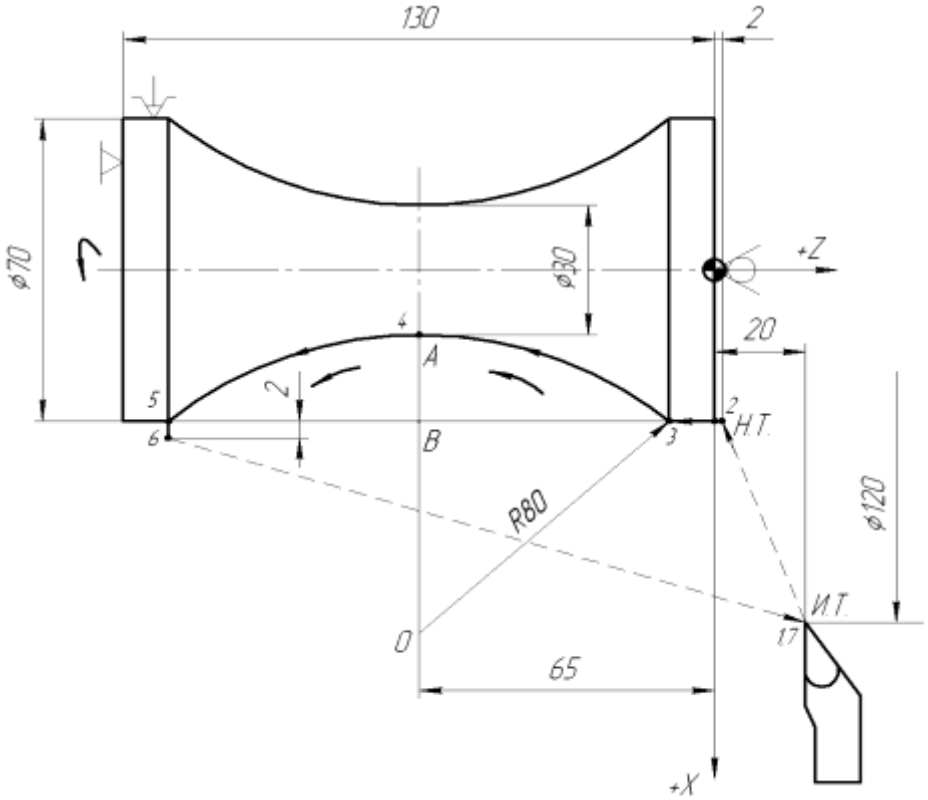


Рис. 28. Эскиз детали и циклограмма движения инструмента при обработке фасонной (радиусной) поверхности

Управляющая программа в абсолютной системе отсчета имеет вид:

N001 T1 S2 372 F0,2	Резец T1, второй диапазон, *n* = 372 об/мин, *s* = 0,2 мм/об.
N002 X70 Z2 E	Подвод к точке 2 ускорено.
N003 Z-12,1	Перемещение в точку 3 на рабочей подаче.
N004 X30 Z-65 R-80 G05	Перемещение по R80 мм из точки 3 в точку 4, отмена торможения в точке сопряжения дуг.
N005 X70 Z-117,9 R-80	Перемещение по R80 мм из точки 4 в точку 5.
N006 X74	Перемещение в точку 6.
N007 M02	Конец управляющей программы, отход в *И.Т.* (7).

Управляющую программу для обработки этой же детали в относительной системе отсчета можно записать следующим образом:

N001 T1 S2 372 F0,2	Резец T1, второй диапазон, $n = 372$ об/мин, $s = 0{,}2$ мм/об.
N002 U-50 W-18 E	Подвод резца к точке 2 ускорено.
N003 W-14, 1	Перемещение в точку 3 на рабочей подаче.
N004 U-40 W-52,9 R-80 G05	Перемещение по R80 мм из точки 3 в точку 4, отмена торможения в точке сопряжения дуг.
N005 U40 W-52,9 R-80	Перемещение по R80 мм из точки 4 в точку 5.
N006 U4	Перемещение в точку 6.
N007 M02	Конец управляющей программы, отход в *И.Т.* (7).

Для составления управляющей программы по обработке фасонной поверхности детали с двумя сферическими поверхностями (рис. 29, *а*) вначале следует определить размер δ, не заданный чертежом.

Из прямоугольного треугольника $0_1 3K$ (рис. 29, *б*) находим:

$R - \delta = \sqrt{R^2 - 10^2} = \sqrt{22^2 - 10^2} = 19{,}6$ мм;

$\delta = R - 19{,}6 = 22 - 19{,}6 = 2{,}4$ мм.

Управляющая программа имеет вид:

N001 T1 S3 600 F0,25	Резец T1, третий диапазон, n= 600 об/мин, $s = 0{,}25$ мм/об.
N002 X0 Z3 E	Подход к точке 1 ускорено.
N003 Z0	Перемещение резца к точке 2 на рабочей подаче.
N004 X20 W-2,4 R22	Точение по дуге R22 мм (дуга 2-3) по часовой стрелке.
N005 Z-32	Точение шейки ø20 мм на длину 32 мм (точки 3-4).
N006 X35 Z-42 R-30	Точение по дуге R30 мм (дуга 4-5) против часовой стрелки.
N007 M02	Конец управляющей программы, отход в *И.Т.*

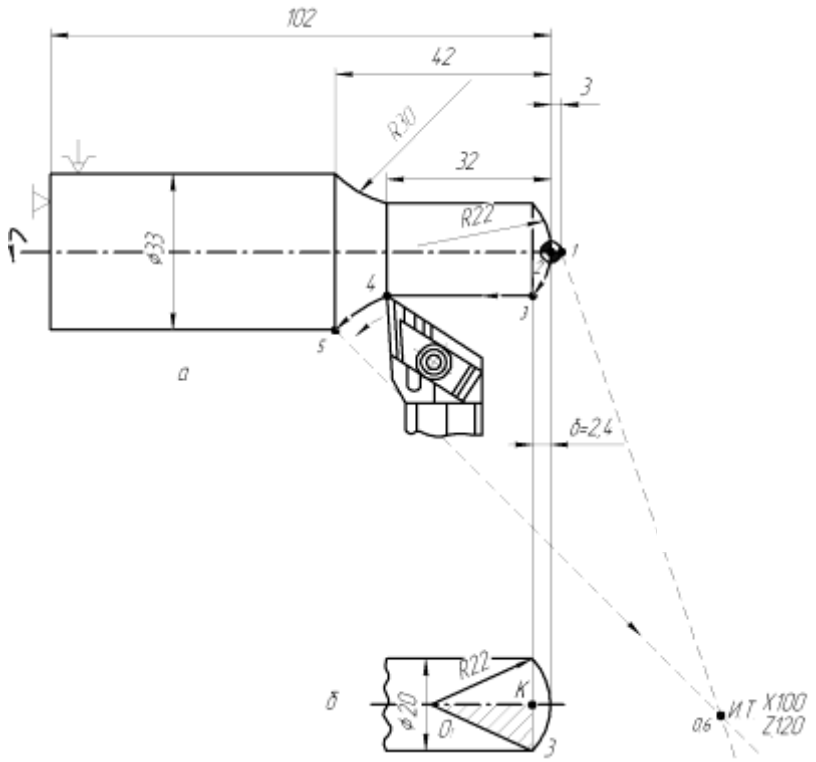


Рис. 29. Эскиз детали и циклограмма движения инструмента при обработке детали с двумя сферическими поверхностями:
а – схема детали;
б – геометрическое построение для определения размера *δ*

2.7. Цикл нарезания резьбы L 01

В системе ЧПУ 2Р22 реализованы одиннадцать постоянных циклов, обеспечивающих обработку часто встречающихся элементов контура детали при использовании набора определенных траекторий движения инструмента. Каждый постоянный цикл записывается одним кадром и вводится в память системы ЧПУ в режиме диалога.

Нарезание наружных и внутренних цилиндрических и конических резьб с автоматическим разделением на проходы программируют постоянным циклом L01.

Перед программированием нарезания резьбы задают начальную точку цикла со следующими координатами:

X – равна наружному диаметру резьбы при нарезании наружной резьбы и внутреннему – при нарезании внутренней резьбы;

Z – равна значению координаты начала резьбы увеличенному на величину равную или больше двойного шага резьбы (для обеспечения разгона привода).

Структура цикла имеет вид:

L01, F, W, X, A, P, C,

где F – шаг резьбы; W – длина резьбы; X – внутренний диаметр резьбы при нарезании наружной резьбы или наружный диаметр резьбы при нарезании внутренней резьбы; A – наклон резьбы, т.е. разность диаметров для конической резьбы (для цилиндрической резьбы A = 0); P – максимальная глубина резания за один проход (на радиус); C – сбег резьбы (запись C1 означает, что сбег равен шагу резьбы, C0 – сбег отсутствует).

Внутренний диаметр резьбы определяется по таблицам для резьб. При многопроходном цикле параметр P принимают меньше глубины резьбы, а при однопроходном – равным глубине резьбы. Параметр A программируют без знака, W – со знаком минус.

При многопроходном цикле нарезания резьбы перед каждым очередным рабочим ходом резец автоматически смещается по координате Z влево или вправо для того, чтобы происходило резание одной режущей кромкой резца. Последний проход резец выполняет двумя режущими кромками. На последнем витке осуществляется выход резца (резьба со сбегом).

Управляющая программа для нарезания наружной цилиндрической резьбы M36×1,5 (рис. 30) имеет следующий вид:

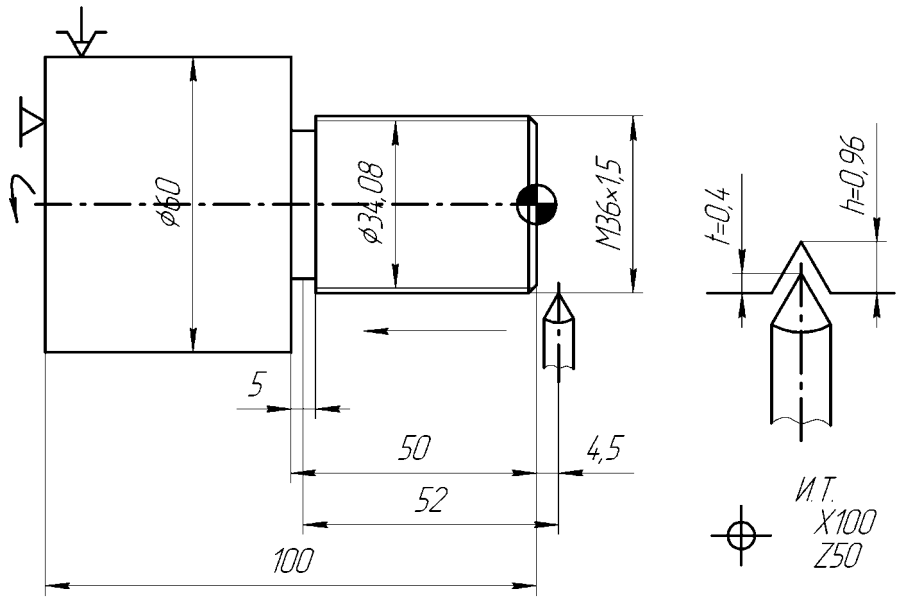


Рис. 30. Схема к программированию нарезания резьбы М36×1,5 по циклу L01

N001 T3 S3 600 F0,4	Резец Т3 – резьбовой, третий диапазон. Технологические параметры: n = 600 об/мин; s = 0,4 мм/об.
N002 X38 Z4,5 E	Подвод резца к заготовке ускорено, одновременно по двум координатам. Между торцом детали и вершиной резца расстояние составляет 4,5 мм, превышающее удвоенный шаг резьбы.
N003 X36 M08	Вывод резца в начальную точку цикла, включение подачи СОЖ.
N004 L01 F1,5 W-57 X34,08 A0 P0,4 C0	Постоянный цикл резьбонарезания L01, шаг резьбы – 1,5 мм, величина перемещения резца с учетом выхода в канавку – 57 мм, внутренний диаметр резьбы – 34,08 мм; A0 – наклон резьбы отсутствует; P – глубина резания за первый проход (на радиус) составляет 0,4 мм; C0 – резьба без сбега.
N005 M09	Выключение подачи СОЖ.
N006 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

Для нарезания наружной конической резьбы (диаметры на меньшем и большем торце соответственно – 20 и 26 мм, длина – 72 мм, шаг – 2 мм, внутренний диаметр на меньшем торце – 17,4 мм) выбирают величину воздушного зазора – ΔZ = 5,8 мм

(см. рис. 16) и определяют наружный и внутренний диаметры резьбы в начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) (рис. 31).

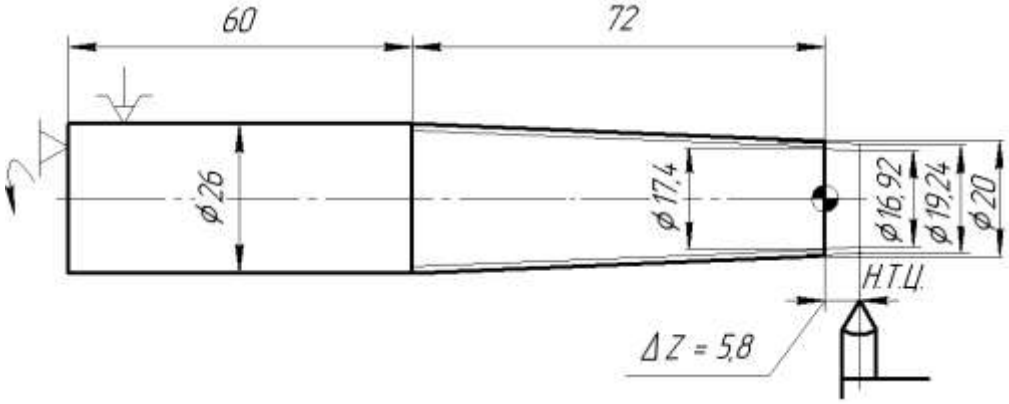


Рис. 31. Схема к нарезанию наружной конической резьбы по циклу L01

Управляющая программа для нарезания конической резьбы имеет вид:

N001 T1 S3 643 F0,3	Резец T1 – резьбовой, третий диапазон, *n* = 580 об/мин; *s* = 0,2 мм/об.
N002 X19,24 Z5,8 E	Подвод резца к заготовке ускорено, одновременно по двум координатам. Между торцом детали и вершиной резца расстояние составляет 4,5 мм, превышающее удвоенный шаг резьбы.
N003 M08	Включение подачи СОЖ.
N004 L01 F2 W-77,8 X16,92 A6 P0,2 C1	Постоянный цикл резьбонарезания L01, шаг резьбы – 2 мм, величина перемещения резца с учетом воздушного зазора – 77,8 мм, внутренний диаметр резьбы в начальной точке цикла – 16,92 мм; наклон резьбы; – A6, глубина резания за проход – 0,2 мм; сбег резьбы – C1 (на длине одного шага).
N004 M09	Выключение подачи СОЖ.
N006 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.8. Цикл протачивания канавок L 02

Протачивание канавок с автоматическим разделением на проходы выполняют с использованием постоянного цикла L02.

Структура цикла имеет вид:

L02, D, X, A, P,

где D – выдержка времени в конце рабочего хода; X – внутренний диаметр канавки, мм; A – ширина канавки, мм; P – ширина режущей кромки резца, мм.

Цикл включает перемещение резца на рабочей подаче до координаты X, выдержку времени (адрес D), его возврат в исходную точку цикла на быстром ходу, смещение по координате Z в положительную сторону на величину P (процесс повторяется столько раз, сколько нужно для достижения ширины канавки A) (рис. 32).

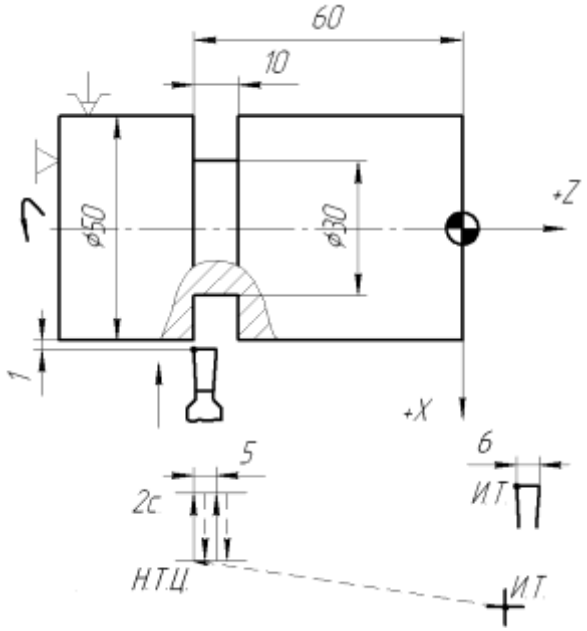


Рис. 32. Схема для программирования протачивания канавки по циклу L02

Для обработки канавки с перекрытием параметр P задают меньше ширины резца, а параметр A уменьшают на эту разность (A – P). Для однопроходной обработки канавки параметр P = A. Цикл завершается ускоренным отводом по оси X в начальную точку цикла. Причем по оси Z резец остается в точке последнего рабочего хода. Управляющая программа для протачивания канавки шириной 10 мм имеет вид:

N001 T2 S3 700 F0,2	Резец T2 – канавочный, третий диапазон, режимы резания: *n* = 700 об/мин, *s* = 0,2 мм/об.
N002 X52 Z-60 E	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L02 D2 X30 A9 P5	Цикл L02 протачивания канавки с выдержкой времени в конце рабочего хода – 2 с, внутренним диаметром – 30 мм, шириной – 10 мм, резцом с шириной режущей кромки – 6 мм.
N004 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.9. Цикл однопроходного наружного точения по схеме «петля» L03

Однопроходное наружное точение заготовки по координате Z с автоматическим возвратом в начальную точку программируется циклом L03. Структура цикла имеет следующий вид:

L03, W,

где W – длина петли.

Цикл включает перемещение на рабочей подаче по оси Z на длину W с учетом знака, отскок от заготовки на 1 мм по оси X и возврат ускорено в начальную точку цикла *Н.Т.Ц* (рис. 33).

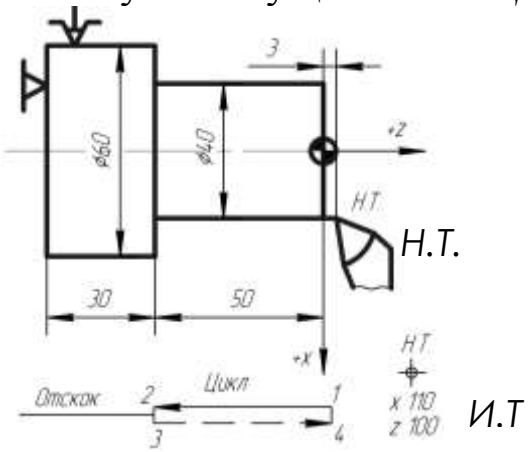


Рис. 33. Схема к программированию наружного точения детали по циклу L03

Управляющая программа для наружного точения по циклу L03 имеет вид:

N001 T1 S3 1100 F0,3	Резец T1 – проходной упорный, третий диапазон, режимы резания: *n* = 1100 об/мин, *s* = 0,3 мм/об.
N002 X40 Z3 E	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L03 W-53	Цикл L03, включающий перемещение из точки 1 в точку 2 на рабочей подаче, отскок на 1 мм в точку 3, отвод ускорено в точку 4, а затем в точку1.
N004 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.10. Цикл однопроходного внутреннего точения по схеме «петля» L04

Однопроходное внутреннее точение заготовки по координате Z с автоматическим возвратом в начальную точку программируется постоянным циклом L04. Структура цикла имеет следующий вид:

L04, W,

где W – длина петли.

Цикл включает перемещение на рабочей подаче по оси Z на величину W с учетом знака, отскок на 1 мм по оси X от заготовки и возврат на быстром ходу в начальную точку цикла *Н.Т.Ц.* (рис. 34).

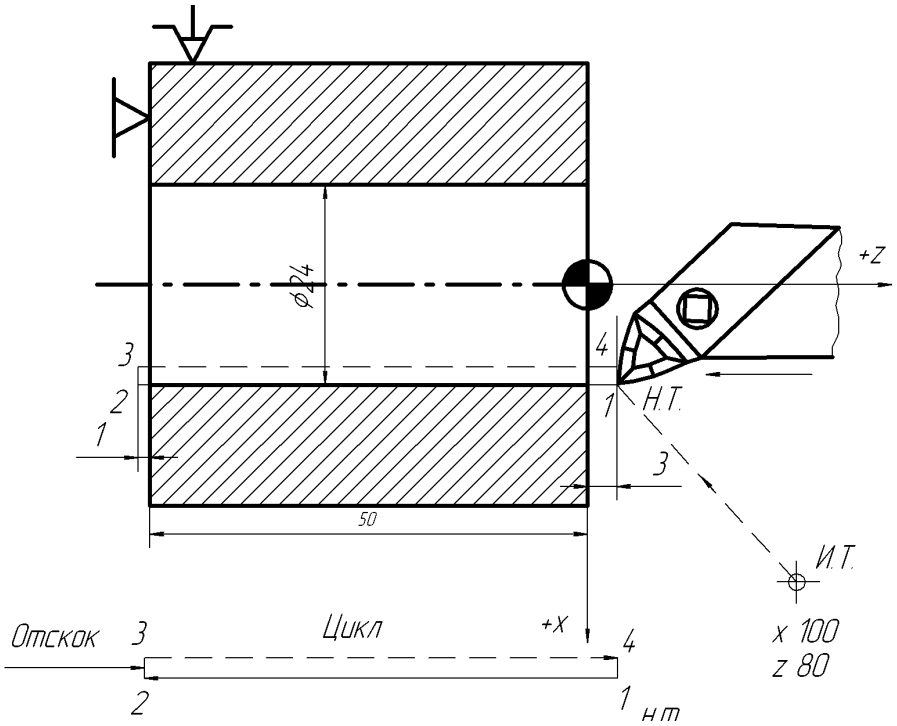


Рис. 34. Схема к программированию растачивания детали по циклу L04

Цикл L04 подобен циклу L03, отличие состоит лишь в направлении отскока. При наружном точении отскок выполняется в положительном направлении оси X, а при внутреннем точении – в отрицательном направлении оси X.

Координаты начальной точки цикла L04 принимаются равными: по оси X – диаметру отверстия после обработки, по оси Z – величине воздушного зазора.

Запись управляющей программы для однопроходного растачивания отверстия с применением цикла L04 имеет следующий вид:

N001 T1 S3 600 F0,3	Резец T1 – расточной, третий диапазон, режимы резания: n = 600 об/мин, s = 0,3 мм/об.
N002 X24 Z3 E	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L04 W-54	Цикл L04, включающий перемещение из точки 1 в точку 2 на рабочей подаче, отскок на 1 мм в точку 3, перемещение ускорено из точки 3 в точку 4, а затем в точку 1.
N004 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.11. Цикл однопроходной торцовой обработки по схеме «петля» L05

Однократное подрезание торцов с автоматическим возвратом в начальную точку программируется постоянным циклом L05.

Структура цикла имеет вид:

L05, X,

где X – конечный диаметр подрезаемого торца.

В процессе обработки торцовой поверхности детали по мере изменения диаметра происходит пропорциональное изменение скорости резания. Система ЧПУ 2Р22 обеспечивает автоматическое бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя с целью поддержания постоянства скорости резания. Для этого перед циклом L05 необходимо задать функцию G10, а после его выполнения – функцию G11, отменяющую действие функции G10.

Цикл L05 содержит перемещение на рабочей подаче по оси X до заданного диаметра, отскок на 1 мм по координате Z в положительную сторону, возврат ускорено в *Н.Т.Ц.* (рис. 35).

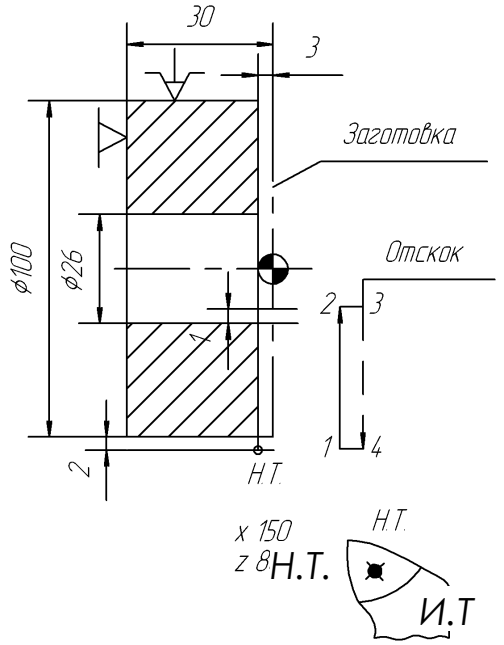


Рис. 35. Схема к программированию торцовой обработки детали по циклу L05

Управляющая программа обработки торцовой поверхности детали, представленной на рис. 35, имеет следующий вид:

N001 T1 S3 700 F0,25	Резец T1 – подрезной, третий диапазон, режимы резания: *n* = 700 об/мин, *s* = 0,25 мм/об.
N002 X104 Z-3 E	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 G10	Задание постоянной скорости резания.
N004 L05 X24	Цикл L05, включающий подрезание торца на рабочей подаче (перемещение из точки 1 в точку 2), отскок на 1 мм (точка 3), перемещение ускорено из точки 3 в точку 4, а затем в точку 1.
N005 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.12. Цикл глубокого сверления L06

Отверстие является глубоким, если его длина в пять и более раз превышает диаметр.

Сверление глубоких отверстий выполняют с периодическим выводом сверла для удаления стружки, его охлаждения и снятие напряжений продольного изгиба. Программирование такой обработки на станке с ЧПУ производится с применением постоянного цикла глубокого сверления с автоматическим разделением на проходы – L06.

Структура цикла глубокого сверления имеет вид:

L06, P, W,

где P – глубина сверления за один рабочий ход; W – общая глубина сверления с учетом воздушного зазора и перебега.

Начальная точка цикла принимается на оси отверстия с обеспечением воздушного зазора по оси Z.

Цикл включает перемещение инструмента на рабочей подаче на длину P, возврат на быстром ходу в начальную точку цикла (*Н.Т.Ц.*), перемещение на быстром ходу в точку, отстаю-

щую от точки предыдущего сверления на 3 мм, перемещение на рабочей подаче на величину (P + 3) мм и т. д. до достижения требуемой глубины сверления W. В конце цикла инструмент выводится в *Н.Т.Ц* (рис. 36).

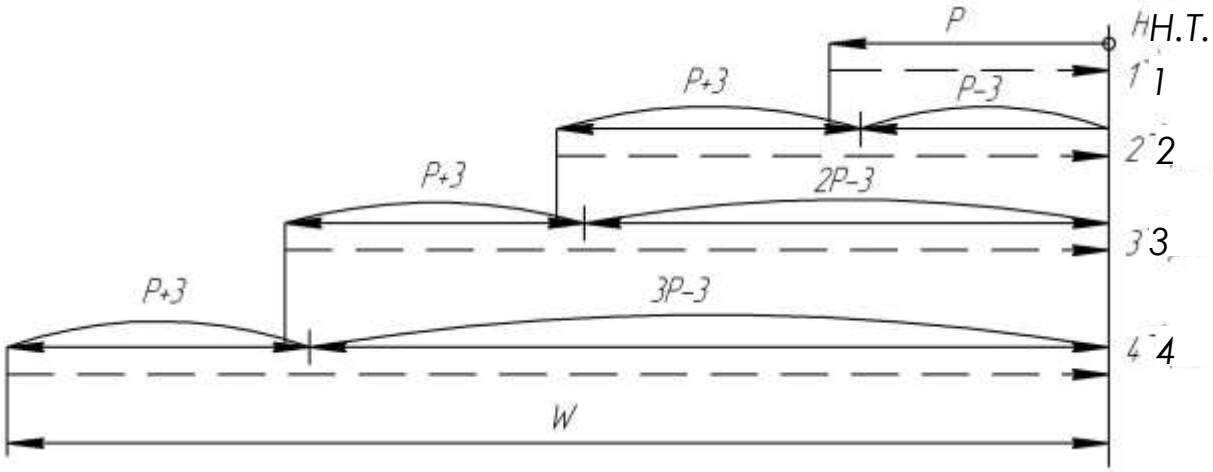


Рис. 36. Схема цикла L06 глубокого сверления отверстия

Управляющая программа для глубокого сверления отверстия длиной 170 мм имеет следующий вид:

N001 T4 S2 200 F0,35	Сверло в позиции T4, второй диапазон, режимы резания: *n* = 200 об/мин, *s* = 0,35 мм/об.
N002 X0 Z6 E	Ускоренный подвод сверла к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L06 P45 W-180	Цикл L06, включающий сверление отверстия на глубину 45 мм за один проход, ускоренный вывод сверла в *Н.Т.Ц.*, ускоренное перемещение по оси Z на 42 мм, сверление отверстия на глубину 90 мм за второй проход и т. д. (перемещение сверла за четыре прохода составляет 180 мм).
N004 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.13. Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой L07

Для программирования нарезания внутренней резьбы метчиком, а наружной резьбы плашкой применяют постоянный цикл L07.

Структура цикла имеет следующий вид:

L07, F, W,

где F – шаг резьбы, мм; W – общий путь прохода инструмента (с учетом воздушного зазора и перебега).

Начальная точка цикла принимается на оси отверстия с обеспечением воздушного зазора по оси Z не менее двух шагов резьбы от торца.

Цикл включает следующие действия: перемещение инструмента по оси Z на величину W при подаче равной шагу резьбы F; реверс шпинделя; возврат инструмента в начальную точку цикла на подаче, равной шагу резьбы F (рис. 37).

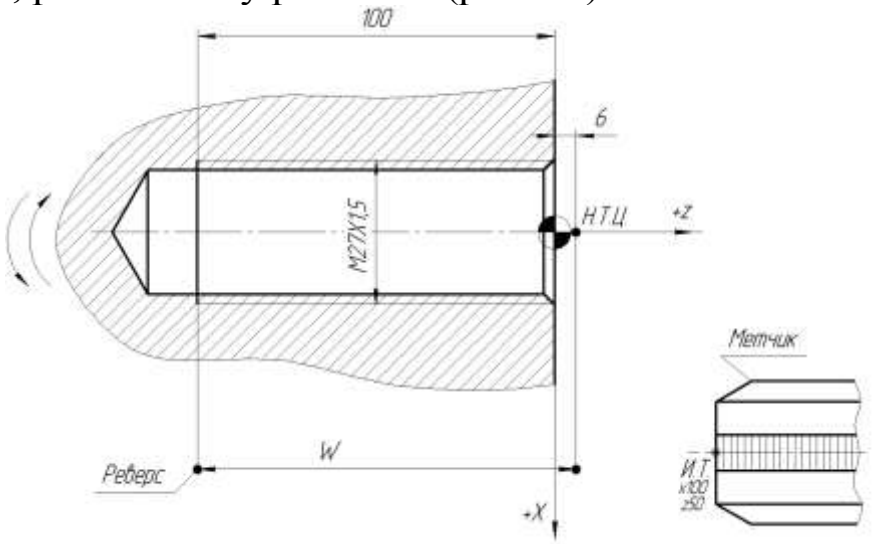


Рис. 37. Схема к программированию нарезания резьбы метчиком по циклу L07

Управляющая программа для нарезания внутренней резьбы M27×1,5 метчиком имеет следующий вид:

N001 T6 S2 120	Метчик в позиции револьверной головки T6, второй диапазон, *n* = 120 об/мин.
N002 X0 Z6 E	Ускоренный подвод метчика к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L07 F1,5 W-106	Цикл L07, включающий перемещение метчика с подачей 1,5 мм/об, на длину 106 мм (с учетом воздушного зазора), реверс шпинделя и возврат метчика в начальную точку цикла с подачей 1,5 мм/об.
N004 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.14. Циклы многопроходной обработки L08, L09

Многопроходная обработка цилиндрических заготовок или заготовок с контуром близким к контуру детали (например, поковок) с автоматическим разделением на проходы программируется соответственно циклами L08 и L09.

Структура постоянных циклов L08 и L09 одинакова и имеет следующий вид:

L08 (L09), A, P,

где A – припуск под чистовую обработку (на диаметр) в мм (если чистовой рабочий ход не задается, то A = 0); P – максимальная глубина резания за один проход (на радиус) в мм.

Циклы L08 и L09 применяют для обработки деталей ступенчатой формы, у которых диаметры шеек увеличиваются по направлению к шпинделю при наружном точении (рис. 38) или уменьшаются – при внутренней обработке.

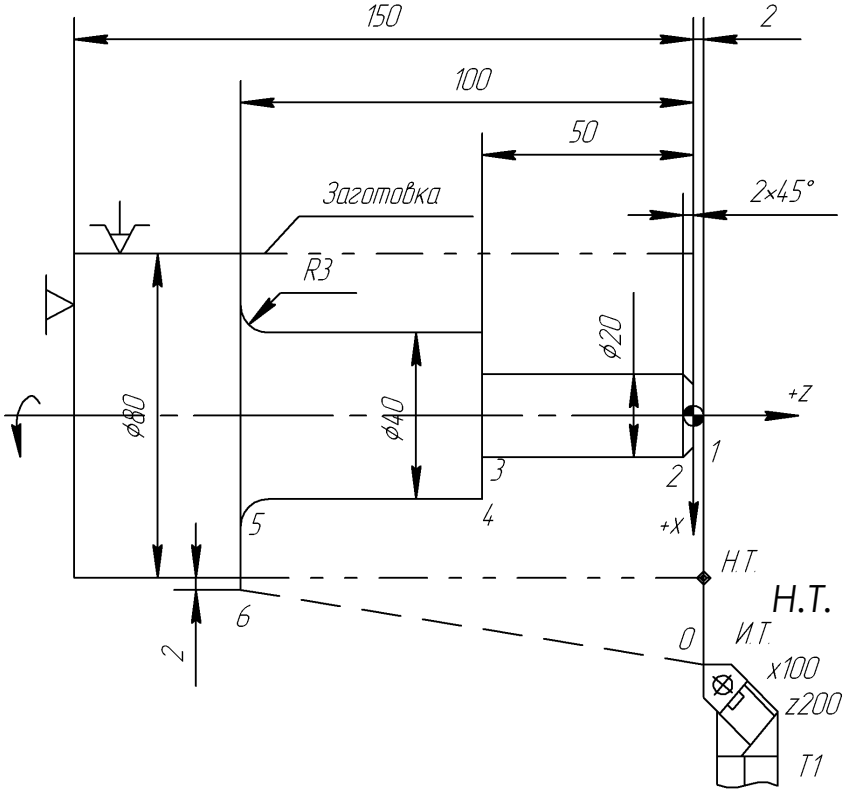


Рис. 38. Схема к программированию обработки ступенчатого валика из цилиндрической заготовки по циклу L08

После программирования кадра, содержащего эти циклы, необходимо запрограммировать описание конечного контура де-

тали, которое может состоять из нескольких кадров, но не более пятнадцати. Кадры с фасками и галтелями считаются за два. Деталь описывают в сторону шпинделя. Признаком окончания описания контура детали служит функция M17.

Припуск под чистовую обработку по оси Z обеспечивается автоматически и определяется путем деления заданного припуска по диаметру на четыре.

Многопроходный цикл L08 обычно применяется для черновой обработки при использовании заготовки в форме цилиндра. В этом случае каждый проход выполняется параллельно образующей цилиндра.

Начальной точкой цикла L08 является начало заготовки. Если контур детали начинается с одного из элементов – фаски, галтели или конуса, то необходимо в начале контура программировать условную цилиндрическую ступень с диаметром равным диаметру начала этого элемента.

Управляющая программа для обработки ступенчатого валика из цилиндрической заготовки с использованием цикла L08 имеет следующий вид:

N001 T1 S2 500 F0,3	Резец T1 – проходной упорный, второй диапазон, режимы резания: n = 500 об/мин, s = 0,3 мм/об.
N002 X80 Z2 E	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам.
N003 L08 A0 P5	Цикл L08, включающий многопроходную обработку ступенчатого валика без припуска под чистовую обработку – A0 и глубиной резания за проход – 5 мм.
N004 X16	Описание контура детали.
N005 Z0	
N005 X20 C2	
N006 Z-50	
N007 X40	
N008 Z-100 Q3	
N009 X84 M17	
N010 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

Для определения значения координат начальной точки цикла L09 необходимо вначале вычислить величины максимальных припусков по длине на сторону и диаметру. Если учетверенный припуск по длине больше припуска по диаметру, то координату $X_{н.т.ц.}$ находят как сумму диаметра правого торца детали и учетверенного припуска по длине, а координату $Z_{н.т.ц.}$ – как сумму координаты Z торца детали и припуска по длине на сторону.

Когда учетверенный припуск по длине на сторону меньше, чем припуск по диаметру, то координатой $X_{н.т.ц.}$ является сумма диаметра правого торца детали и припуска по диаметру, а координатой $Z_{н.т.ц.}$ – сумма координаты Z торца детали и припуска по диаметру, деленному на четыре.

Например, для заготовки (рис. 39) учетверенный припуск по длине на сторону равен 20 мм, т.е. больше припуска по диаметру. Следовательно, координата $X_{н.т.ц.}$ будет равна 80 мм (60 + 20 = 80 мм), а координата $Z_{н.т.ц.}$ =5 мм.

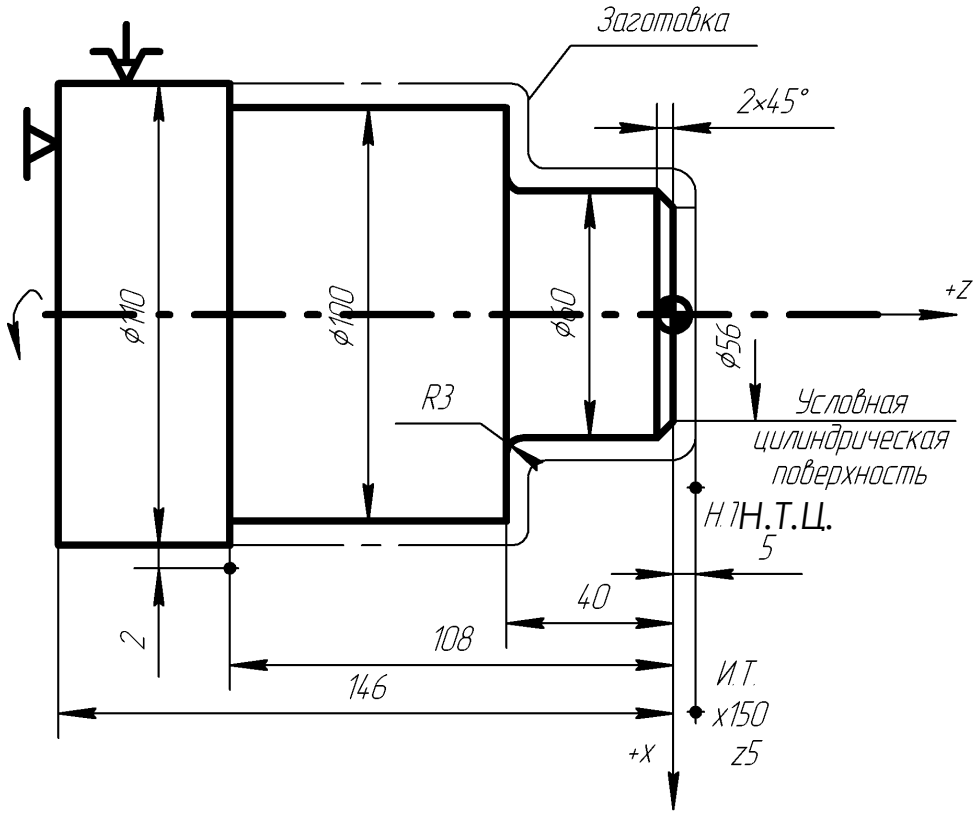


Рис. 39. Схема к программированию обработки ступенчатого валика из поковки по циклу L09

Управляющая программа для обработки ступенчатого валика из поковки, представленной на рис. 39, по циклу L09 имеет следующий вид:

N001 T1S2 600 F0,32	Резец T1 – проходной упорный, второй диапазон, режимы резания: *n* = 600 об/мин, *s* = 0,32 мм/об.
N002 X80 Z5 E M08	Ускоренный подвод резца к начальной точке цикла (*Н.Т.Ц.*) одновременно по двум координатам, включение подачи СОЖ.
N003 G10	Задание постоянной скорости резания.
N004 L09 A0 P3	Цикл L09, включающий многопроходную обработку ступенчатого валика без припуска под чистовую обработку – A0 и глубиной резания за проход – 3 мм.
N005 X56	Описание контура детали.
N006 Z0	
N007 X60 C2	
N008 Z-40 Q3	
N009 X100	
N010 Z-108	
N011 X114 M17	
N012 Z0 E	Отход по оси Z на координату Z0 ускорено.
N013 X62 E	Подвод по оси X на координату X62.
N014 X0 F0,25	Подрезание торца на рабочей подаче 0,25 мм/об.
N015 Z1 M09	Отход на координату Z1, выключение подачи СОЖ.
N016 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.15. Цикл чистовой обработки по контуру с заданного кадра L10

В тех случаях, когда при обработке с одного установа производится черновое и чистовое точение, для упрощения программирования и уменьшения объема управляющей программы

применяют постоянный цикл чистовой обработки по контуру с заданного кадра L10.

Структура цикла имеет следующий вид:

L10, B,

где B – номер кадра начала повторения описания контура детали.

Перед циклом необходимо запрограммировать начальную точку цикла, координаты которой должны совпадать с координатами начала конечного контура. Признаком конца описания контура детали для цикла L10 является функция M17.

Управляющая программа для черновой и чистовой обработки ступенчатого валика (см. рис. 38) с использованием циклов L08 и L10 имеет вид:

N001 T1 S2 500 F0,3	Резец T1 – черновой проходной упорный, второй диапазон, режимы резания: n = 500 об/мин, s = 0,3 мм/об.
N002 X80 Z2 E	Ускоренный подвод резца T1 к начальной точке (*Н.Т.Ц.*) цикла L08 одновременно по двум координатам.
N003 L08 A1 P4	Цикл L08, включающий многопроходную черновую обработку ступенчатого валика с припуском под чистовую обработку – 1 мм на диаметр и глубиной резания за проход – 4 мм.
N004 X16	Описание контура детали.
N005 Z0	
N006 X20 C2	
N007 Z-50	
N008 X40	
N009 Z-100 Q3	
N010 X84 M17	
N011 T3 S2 870 F0,l	Резец T3 – чистовой проходной упорный, второй диапазон, режимы резания: n = 870 об/мин, s = 0,1 мм/об.

N012 X16 Z2 E	Ускоренный подвод резца Т3 к заготовке одновременно по двум координатам.
N013 Z0	Подвод резца Т3 к начальной точке (*Н.Т.Ц.*) цикла L10
N014 L10 B4	Цикл L10, включающий чистовую обработку валика по описанию контура детали с кадра N004.
N015 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.16. Цикл повторения части программы L11

Если одинаковые элементы расположены на детали через равномерные промежутки (имеют постоянный шаг), то их программирование значительно упрощается в случае применения постоянного цикла L11.

Структура цикла имеет следующий вид:

L11, H, B,

где H – число повторений одинаковых элементов; B – номер кадра начала повторения.

Признаком конца участка программы, который будет повторяться в цикле L11, является функция M18.

Перед циклом необходимо запрограммировать обработку одного повторяющегося элемента контура детали. Причем программировать эту обработку следует в относительной системе отсчета.

Деталь, представленная на рис. 40, имеет три канавки и четыре скоса. У этой детали вначале обрабатываем скос на торце, затем – канавку со скосом и с использованием цикла L11 – две оставшиеся канавки со скосом.

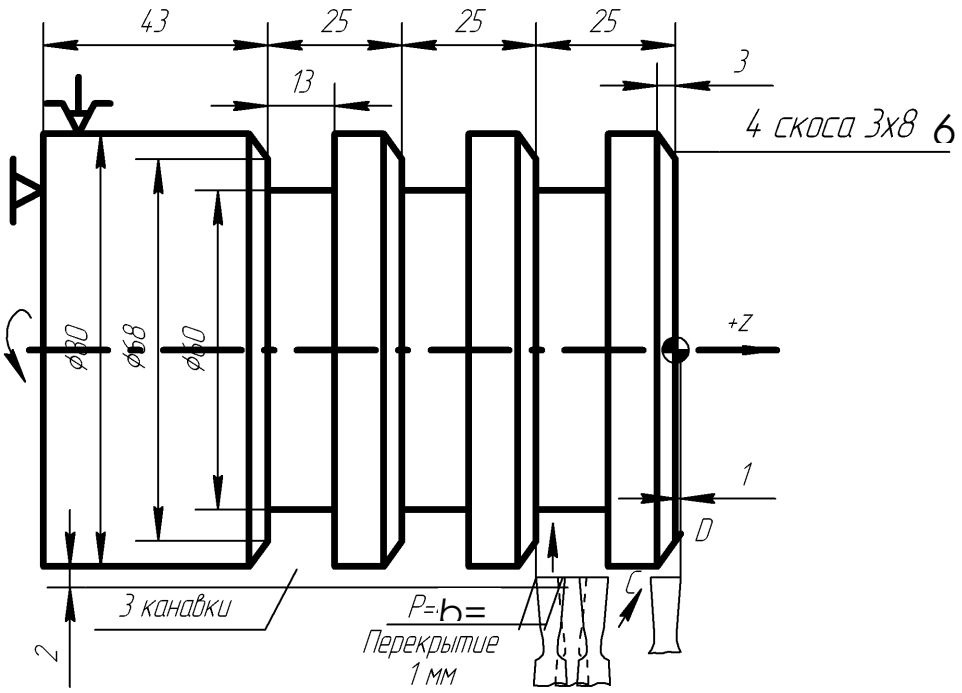


Рис. 40. Схема для программирования цикла L11 (протачивание канавок со скосом)

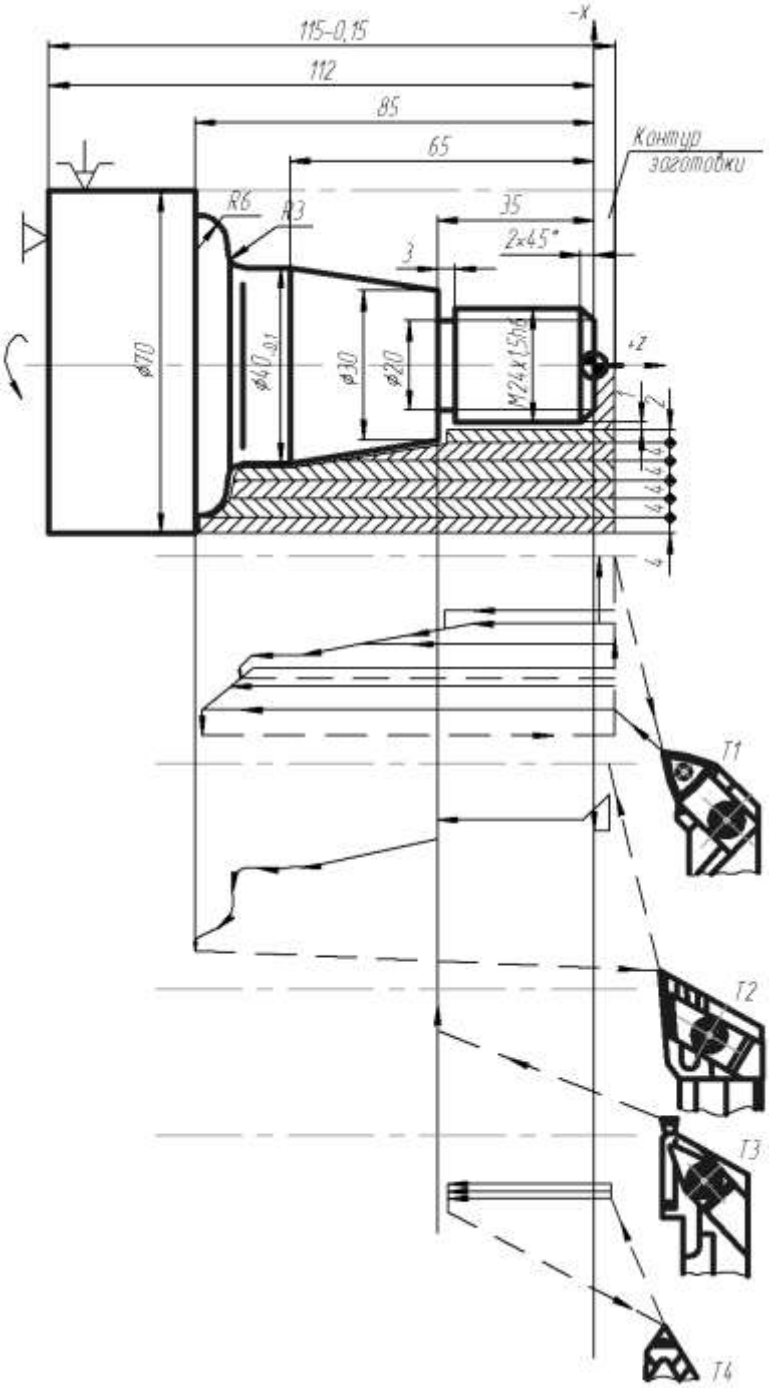
Управляющая программа имеет следующий вид:

N001 T2 S2 X520 F0,1	Резец T2 – канавочный, второй диапазон, режимы резания: *n* = 520 об/мин, *s* = 0,1 мм/об.
N002 X84 Z-3 E	Ускоренный подвод резца к заготовке одновременно по двум координатам.
N003 X80	Подвод резца к заготовке для обработки скоса.
N004 X60 Z0	Точение скоса 3×6 мм на торце.
N005 X84 E	Отвод резца по оси X ускорено.
N006 W-25 E	Подвод резца к первой канавке по оси Z ускорено.
N007 U-3	Подвод резца к первой канавке по оси X.
N008 L02 D0,5 X60 A12 P3	Цикл L02, включающий многопроходную обработку канавки. Резец выполняет 4 прохода, со смещением при каждом проходе на 3 мм, обеспечивая перекрытие – 1 мм. В конце каждого прохода обеспечивается выдержка времени – 0,5 с.

N009 W-12 E	Подвод резца по оси Z к скосу на первой канавке.
N010 U-1	Подвод резца по оси X к точке начала скоса.
N011 U-12 W3	Точение скоса 3×6 мм в первой канавке.
N012 U16 E M18	Вывод резца по оси X ускорено на диаметр 84 мм. Конец участка программы для повторения.
N013 L11 H3 B6	Цикл L11, включающий число повторений – 3, начало повторения с кадра N006.
N014 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

2.17. Пример управляющей программы для обработки детали «Валик резьбовой»

На рис. 41 представлен совмещенный чертеж заготовки и детали «Валик резьбовой» с траекториями перемещений режущих инструментов для ее обработки на станке 16А20Ф3, оснащенном системой ЧПУ 2Р22.



T1

T3

Рис. 41. Схема обработки детали «Валик резьбовой»

T5

T7

Управляющая программа для обработки детали «Валик резьбовой» имеет следующий вид:

N001 T1S3 572 F0,43 M08	Резец Т1 – черновой, третий диапазон, *n* = 572 об/мин, *s* = 0,43 мм/об, включение подачи СОЖ.
N002 X70 Z1 E	Подход к начальной точке для цикла L08.
N003 L08 A1 P4	Задание цикла L08, припуск под чистовую обработку – 1 мм на диаметр, глубина резания – 4 мм.
N004 X24	Описание контура детали.
N005 Z-35	
N006 X30	
N007 X40 Z-65	
N008 Z-79 Q3	
N009 Z-85 Q6	
N010 X71 M17	
N011 S3 650 F0,2	Изменение режима *n* = 650 об/мин, *s* = 0,2 мм/об.
N012 X29 Z1 E	Начальная точка перед черновой подрезкой торца.
N013 L05 X0	Подрезка торца черновая по циклу L05.
N014 T3 S3 1000 F0,12	Резец Т3 – чистовой, третий диапазон, *n* = 1000 об/мин, *s* = 0,12 мм/об.
N015 X24 Z2 E	Подход к начальной точке для цикла L10.
N016 G10	Задание постоянства скорости резания.
N017 L10 B4	Задание цикла L10 чистовой обработки, описание детали с кадра N004.
N018 G11	Отмена постоянства скорости резания.
N019 X25 Z0 E	Начальная точка перед чистовой подрезкой торца.
N020 X0	Чистовая подрезка торца.
N021 Z0,5	Отвод резца от торца по оси Z на 0,5 мм.
N022 X19 E	Подвод резца к точке начала фаски

	2×45°.
N023 X25 Z-2,5	Точение фаски 2×45°.
N024 T5 S3 600 F0,25	Резец T5 – канавочный, третий диапазон, *n* = 600 об/мин, *s* = 0,25 мм/об.
N025 X32 Z-35 E	Начальная точка перед протачиванием канавки.
N026 X20	Протачивание канавки до ø20 мм.
N027 X32 E	Вывод резца из канавки ускоренно.
N028 T7 S3 720 F0,3	Резец T7 – резьбовой, третий диапазон, *n* = 720 об/мин, *s* = 0,3 мм/об.
N029 X24 Z4 E	Начальная точка цикла перед нарезанием резьбы.
N030 L01 F1,5 W-33,5 A0 X22,08 P0,3 C0	Цикл L01 нарезания резьбы M24×1,5.
N031 M09	Выключение подачи СОЖ.
N032 M02	Конец управляющей программы, возврат в *И.Т.*

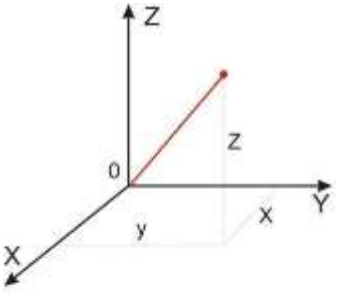
3. Проектирование РТК на выданную деталь
Проектирование РТК на выданную деталь

Цель работы: научиться заполнять формы сопроводительной документации и освоить основные методы разработки и порядка оформления расчетно-технологической карты, по которой производится программирование управляющей программы.

Основные понятия необходимые для проектирования РТК

СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОГРАММ

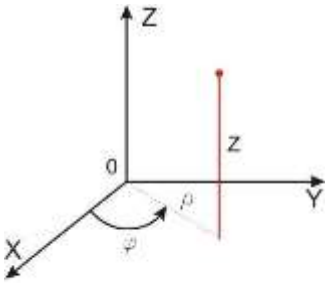
Существуют три основных употребляемых при расчете программ системы координат:



Прямоугольная или декартова система координат

- ***Прямоугольная или Декартова система координат*** – в ней расстояния, берутся с определенным знаком по осям X,Y,Z от оделенной точки до трех взаимно перпендикулярных координатных плоскостей. Точка пересечения координатных плоскостей считается началом координат. Координаты X, Y, Z называются соответственно абсциссой, ординатой и аппликатой.

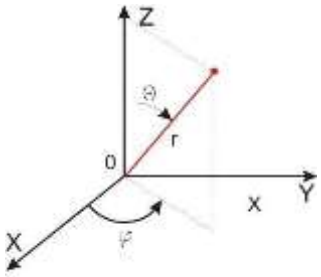
Устанавливается ***прямоугольная*** система координат в программе при помощи подготовительной функции – **G35**. Всегда устанавливается по умолчанию.



Цилиндрическая система координат

- ***Цилиндрическая система координат*** – в ней координаты определяемой точки задаются радиусом **ρ,** центральным углом **φ,** и проекцией точки на основную плоскость и аппликатой, Z – расстоянием от точки до основной плоскости.

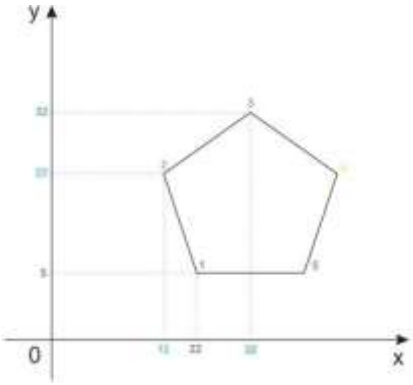
Устанавливается ***цилиндрическая*** система координат в программе при помощи подготовительной функции – **G36**.



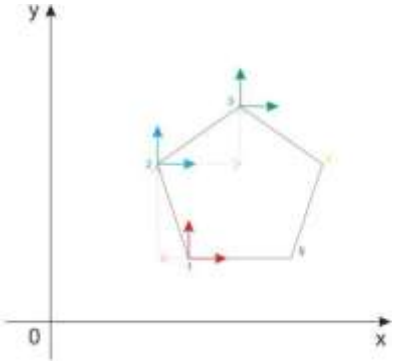
сферическая система координат

Сферическая система координат – используется реже, чем две предыдущие. В этой системе координаты определяемой точки задаётся длиной радиус-вектора **r**, центральным углом **φ**, и долготой или угол отклонения **θ.**

Но в каждой из этих систем размеры могут задаваться двумя различными типами.



- ***Абсолютный размер*** – линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета. Задаётся подготовительной функции – **G90**.

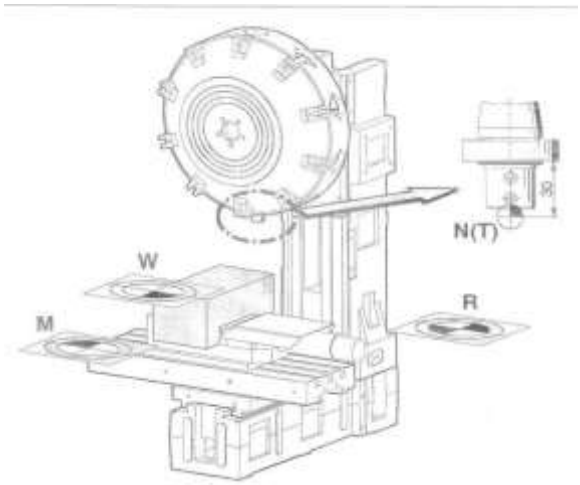


- ***Размер в приращениях или относительный размер, или инкрементный размер*** – линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка. Задаётся подготовительной функции – **G91**.

Координата – величина, определяющая положение точки в пространстве по отношению к заданной базе или началу отсчета.

На всех типах станков ось Z (аппликата) совпадает с осью шпинделя.

ОФОРМЛЕНИЕ РТК



M = Нулевая точка станка (Машинный ноль)

Неизменная базовая точка, устанавливаемая производителем станка. Относительно данных точки выполняются все размерные функции станка. В то же время "M" являет-

ся началом системы координат станка.

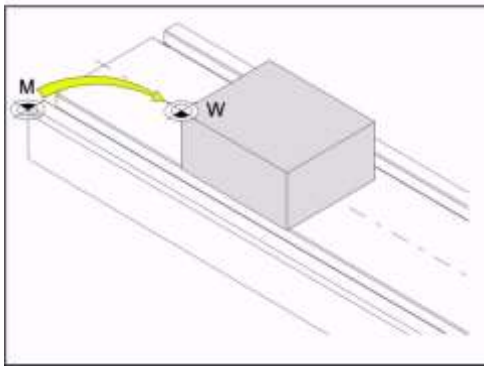
R = Базовая точка

Позиция в рабочей зоне станка, которая точно определяется предельными выключателями.

Позиции подвижных органов станка отображаются в системе управления путем подвода к „R“. Используется после каждого сбоя питания для проверки точности работы системы ЧПУ и станка.

N = Базовая точка установки инструмента – Исходная точка для выполнения размерной привязки инструмента. „N“ находится в подходящей точке в системе резцедержателя, и определяется производителем станка.

W = Нулевая точка детали (нуль детали) – точка на детали, относительно которой заданы основные ее размеры позиции для размерных функций программы. Свободно устанавливается программистом, при необходимости может быть перемещена в пределах программы обработки.



Точка нуля станка "M" находится на левом переднем крае стола станка. Данная позиция не подходит для использования в качестве исходной точки для размерной привязки. При помощи так называемого сдвига нуля система координат может быть перемещена в подходящую точку в рабочей зоне станка.

Выполняется ***сдвиг ноля*** при помощи подготовительных функций ***G54 – G57***, тогда точка нуля системы координат будет смещена из нуля станка M в нуль детали W.

Возврат производится функцией ***G53,*** система координат возвращается в точку М.

ТРАЕКТОРИЯ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Программа обработки детали описывает движение определенной точки оси инструмента, и эта точка называется – центром инструмента.

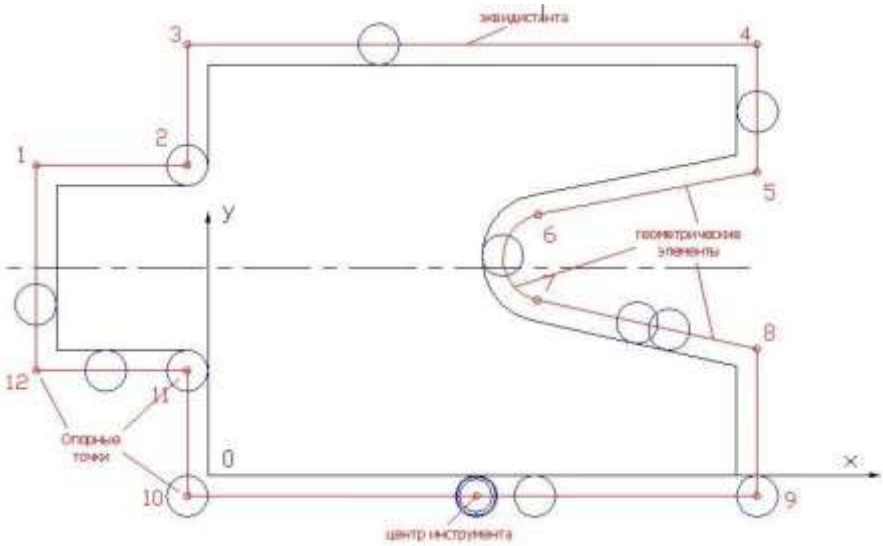
Центр инструмента – неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории.

Для концевой фрезы со сферическим торцом – центр полусферы. Для концевой цилиндрической фрезы и сверла – центр основания.

Для электроэрозионной обработки проволочкой – точка пересечения плоскости детали с осью проволочки,

Для резцов – центр дуги окружности при вершине.

Если принять во внимание, что радиус фрезы практически не изменяется во время обработки, то траектория является эквидистантой к контуру детали.



Эквидистанта – это линия, равноотстоящая от линии контура детали (заготовки). Эквидистанта практически всегда равна радиусу инструмента. Отдельные участки эквидистанты расположенные между двумя точками называются геометрическими элементами. Которыми могут быть отрезки прямых, кривые 2-го и высших порядков. Геометрические элементы соединяются пересечением или касанием. Конец одного геометрического элемента и начало другого дают опорную точку.

Опорная точка – точка расчетной траектории, в которой происходит изменение либо закона, описывающего траекторию, либо условий протекания технологического процесса (ТП).

Все элементы траектории вычерчиваются на чертеже детали, и этот чертеж называется ***РТК***.

РТК – расчетно-технологическая карта это основной документ, по которому производится составление и расчет программы.

Исходная точка или нулевая точка программы – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по УП.

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ (РТК)

Порядок выполнения РТК

РТК составляется технологом-программистом и содержит законченный проект обработки деталей на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями.

Оформление РТК производится в следующей последовательности:

1. Деталь желательно вычерчивается в ***масштабе 1:1*** и ориентируется относительно формата так же, как будет находиться вовремя обработки на станке с ЧПУ. Наносится ***нулевая точка детали (W)*** и ориентируется система координат.

2. Указываются используемые для ***базирования плоскости*** или какие-либо другие ***элементы базирования спец. символами***. (Элементами базирования могут быть – отверстия в колодцах или приливах, в которых можно просверлить отверстия, то в таком случае можно использовать два отверстия для базирования на двух пальцах (цилиндрический и ромбический (срезанный)); если используется базирование по плоскостям, то применяются упоры.

3. Выбирается ***исходная точка программы***, производится это двумя методами: 1)в зависимости от марки станка совмещается с ***базовой точкой (R)***, или задаётся произвольно с учетом требований техники безопасности. Выставляются все ***размеры*** от ***Нулевой точки детали*** между ***базами***, ***центром приспособления*** и ***исходной точкой программы***.

4. Намечаются расположения ***прижимов и зон крепления***, производится их ***нумерация*** в порядке их дальнейшей замены. Нумеруются элементы зажима двумя методами: 1) в порядке возрастания (1, 2, 3, … 9 …). 2) группами, по мере сменяемости (1 группа, 2 группа и т. д.).

5. ***Задаются параметры применяемого инструмента*** (номер инструмента в программе, его описание и код типа, материал инструмента, кодировка и ГОСТ или DIN инструмента, диаметр инструмента, радиус на торце, длина режущей части, количество зубьев у фрезы, режимы резания: обороты вращения

шпинделя (об/мин) и рабочая подача (мм/мин)). Тут же указывается тип патрона его ГОСТ или DIN, а также при необходимости размеры применяемых цанг и переходников. Выполняется описание, действий инструмента при обработке с необходимыми параметрами, выполняемыми в данном переходе. При необходимости рисуются эскизы на специальные инструменты. Описываются, какие элементы крепежа (прижимы, прихваты) будут установлены и сняты.

T01: Фреза концевая, 120, HSS, DIN844A 771020 (D=16, Lp=40, R=0, Z=4)

Инструментальный патрон Q1Z850 SK30

Установить деталь в тясы и базировать по пазам и упору.

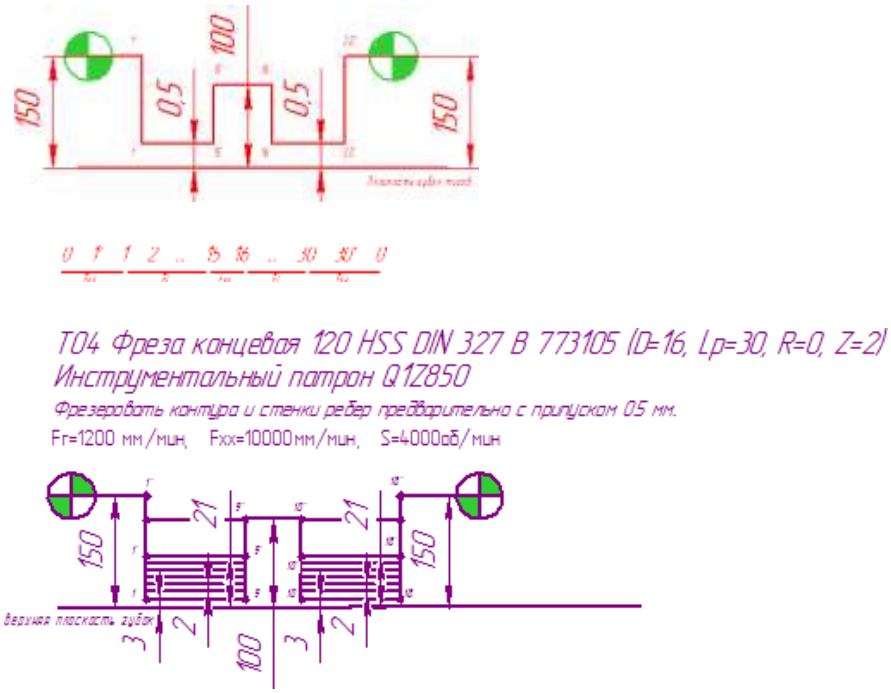
Обработать наружный контур предварительно с припуском 0,5 мм, за 2 прохода.

S = 5000 об/мин, Fr = 1500 мм/мин, Fxx = 6000 мм/мин.

6. ***Разными цветами*** наносится траектория движения инструмента в плоскости ХУ. Началом и соответственно концом траектории является исходная точка программы. Траектория обработки наносится с учетом выбранной последовательности и параметров применяемого инструмента. На траектории отмечаются ***все опорные точки*** и ***нумеруются*** в порядке возрастания от 1 … и т. д. Нолем отсчета служит исходная точка программы. Проставляются ***стрелки***, указывающие направление движения инструмента. Опорные точки отмечаются по геометрическим (в которых происходит изменение траектории) и технологическим параметрам (точки в которых производятся технологические команды). Обозначаются точки остановки, необходимые для перезажима и контроля детали (которые называются точками технологического останова). Для облегчения контроля за положением РО станка координаты исходной точки, контрольных точек, точек остановки, должен быть – целым числом.

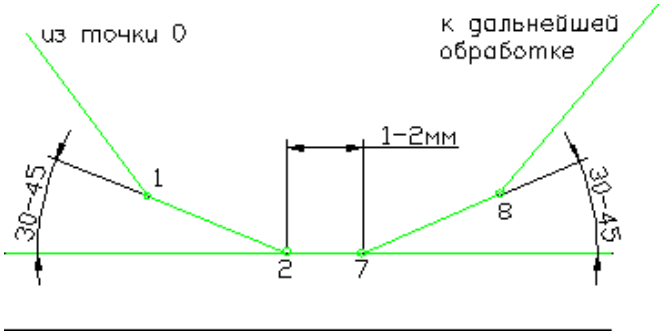
7. Далее оформляется ***диаграмма Z*** в следующем порядке. В диаграмме указываются ***все движения*** относительно оси Z (аппликата) ***по всем опорным точкам***, указанным в плоскости XY. Составляется ***путь инструмента*** по опорным точкам и прописываются ***режимы резания*** по участкам обработки, а также указываются ссылки на типовые технологические приемы, приме-

ненные в обработке.



Технологические особенности РТК.

1. ***Подход и отход*** инструмента от обрабатываемой поверхности должен осуществляться по специальным траекториям, обеспечивающим врезание ***по касательной*** (под углом к основной траектории от 30° до 45°). Но наилучшим является подход ***по дуге*** к основной траектории обработки.

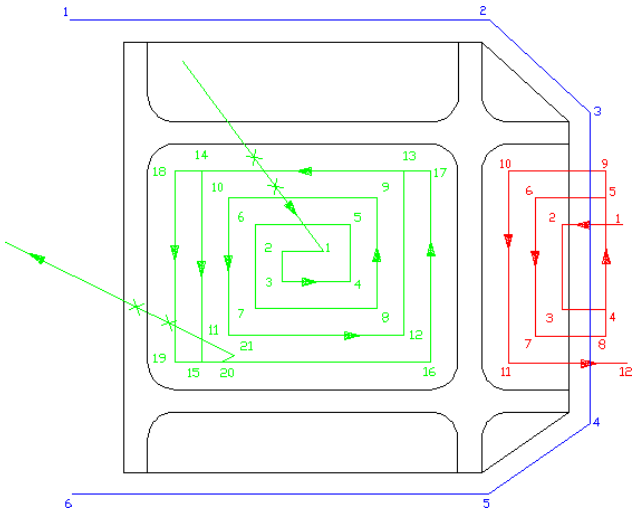


Выполняется это во избежание ***динамического удара*** фрезой об деталь. Длина траектории ***подхода*** равняется от ***2 до 5 мм*** до края заготовки. Со своевременным переходом с холостого хода на рабочий производится за ***5–10 мм*** до края заготовки. ***Перебег*** обработки равен ***1–2 мм***.

2. ***Недопустима остановка фрезы*** или ***резкое изменение подачи*** в процессе резания, когда режущие кромки соприкасаются с обрабатываемой поверхностью. В этом случае неизбежны повреждения поверхности. Перед остановкой, резким изменением подачи, подъемом или опусканием инструмента необходимо обеспечивать ***отвод инструмента*** под малым углом или по касательной.

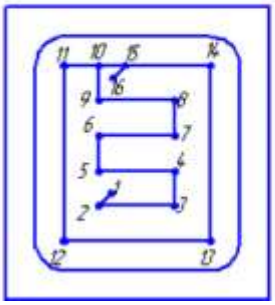
3. Длина ***холостого хода*** (х.х.) должна быть ***минимальна***. Холостые хода изображаются на РТК при помощи ***стрелки и двух крестиков.***

4. С целью ***недопущения коробления*** детали и сохранения ее ***жесткости***, обработка ***окон*** и ***колодцев*** должна начинаться с ***середины***, а ***уступов и карманов и полок*** – с ***крайних слоёв металла***. Последний ***чистовой подход*** должен быть со снятием припуска не менее ***0,2 диаметра*** (∅) ***фрезы.***

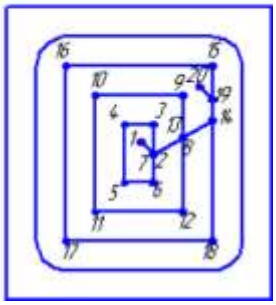


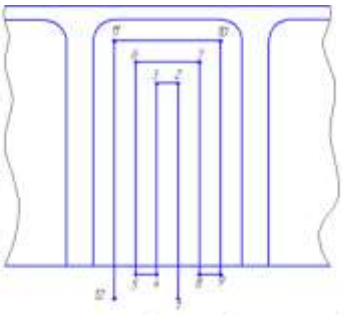
Схемы разгрузки карманов:

а)



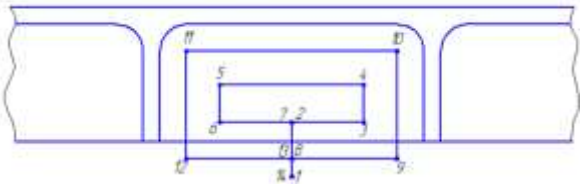
б)





В схеме для узкого кармана последний ход должен быть против часовой стрелки

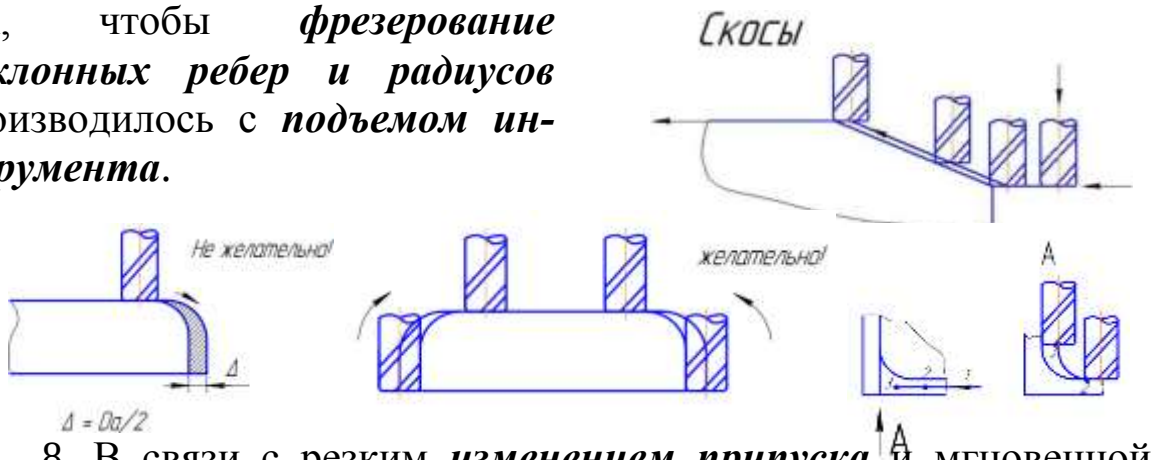
Схема обработки для широкого кармана:



5. ***Врезание в карманы*** должно производиться по ***горке***, если используется ***двузаходная фреза*** без центра. Или должна быть выполнена предварительная засверловка большим диаметром, чем фреза для обработки (применяется, когда используются ***трехзаходные и более фрезы*** без центра).

6. Для выполнения ***попутного фрезерования наружный контур*** должен обрабатываться по ***часовой стрелке***, а внутренний ***против часовой стрелки***.

7. Траектория обработки ***торцов ребер*** должна строиться так, чтобы ***фрезерование наклонных ребер и радиусов*** производилось с ***подъемом инструмента***.



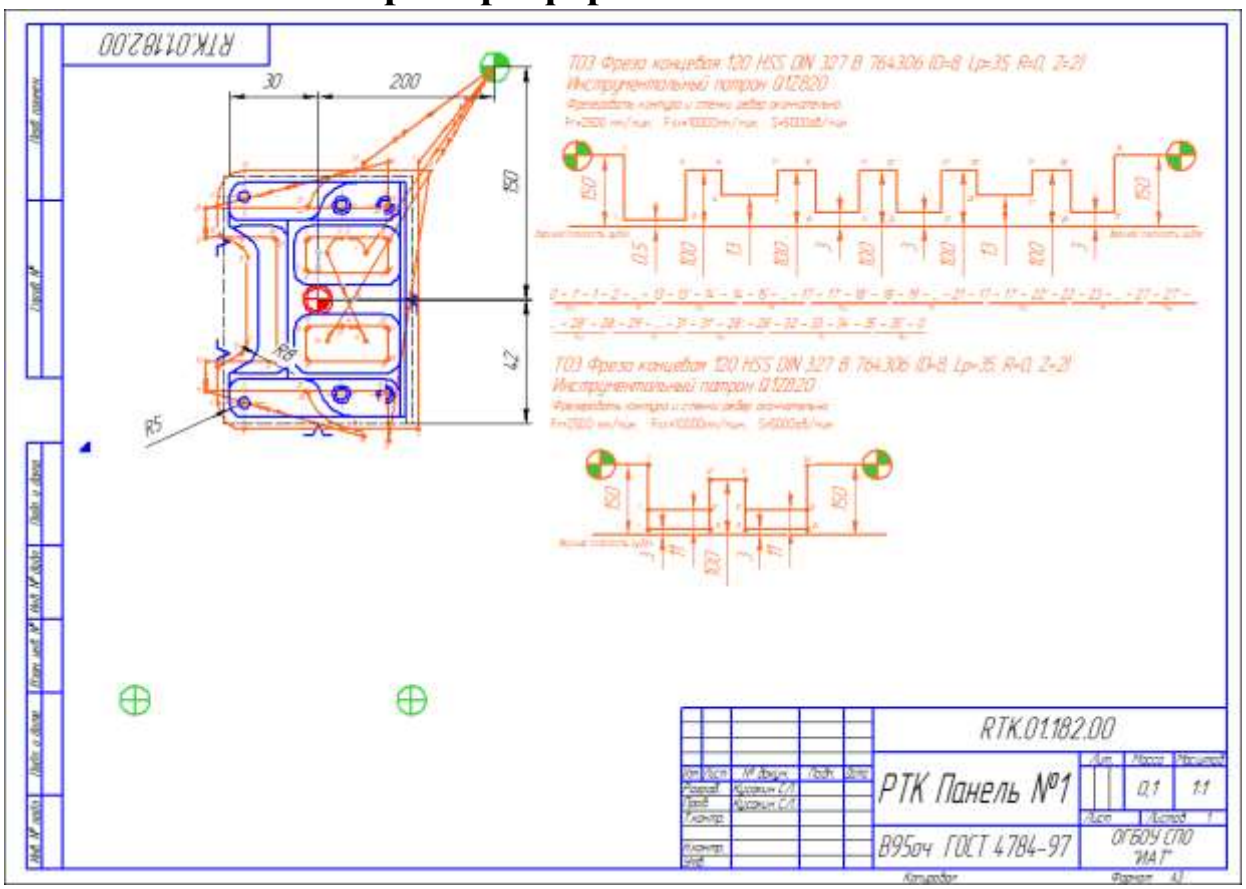
8. В связи с резким ***изменением припуска*** и мгновенной остановки фрезы при ***обработке внутренних углов*** на поверхности детали могут появляться ***дефекты*** в виде уступов и выемок, так называемые зарезы. ***Для их предотвращения необходимо ввести следующее***:

а) при небольших усилиях резания ввести ***торможение*** до скорости в ***2–3 раза меньше, чем рабочая*** на длине ***5–10 мм*** перед точкой измерения направления движения.

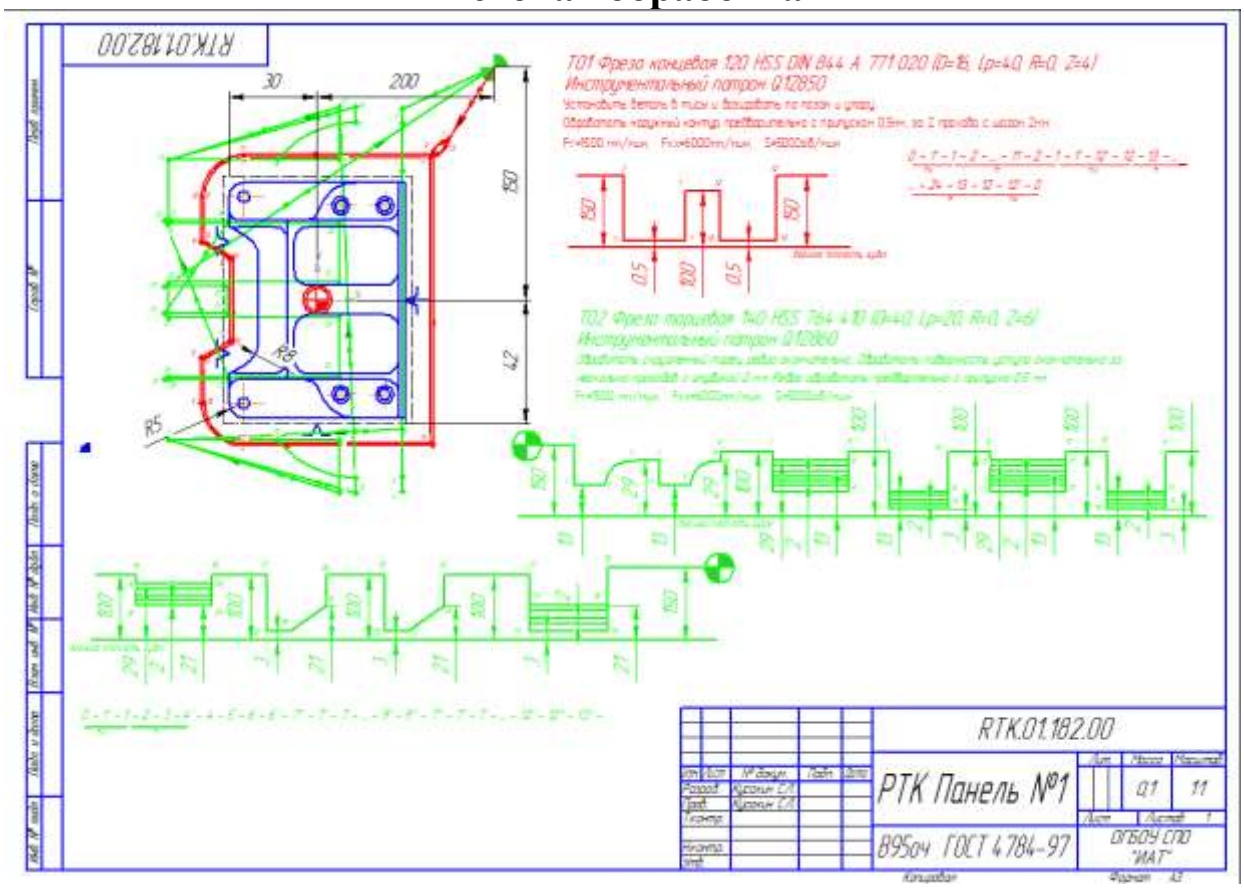
б) при более ***тяжелых условиях фрезерования ввести обкатку*** внутренних углов по ***дуге*** с радиусом ***0,5 мм***, используя фрезу меньшего диаметра ∅, или ***срезать угол*** на ***0,5–1 мм***, используя ***фрезу номинального*** ∅.

в) ввести черновую обработку контура с составлением припуска в углах 1,5–2 мм.

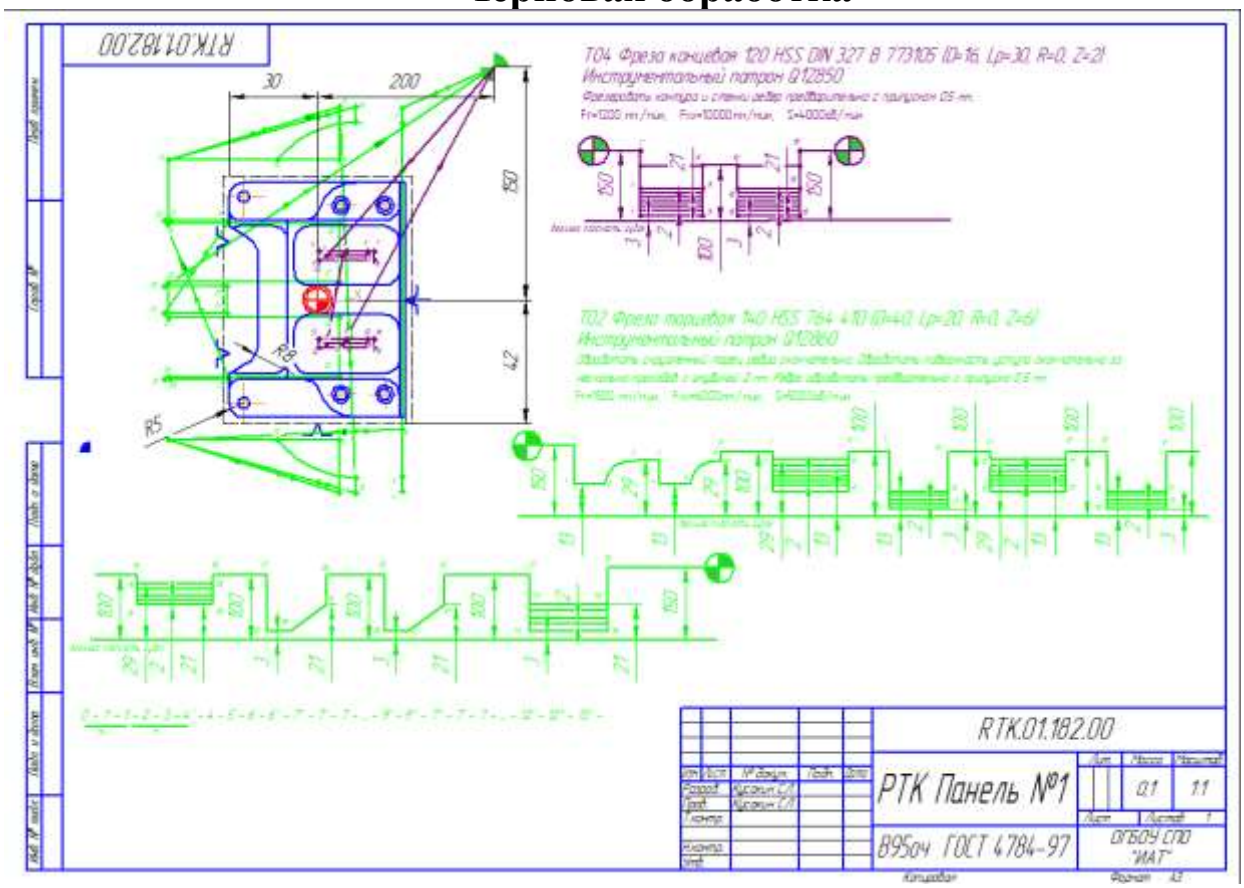
Пример оформления РТК



Чистовая обработка



Черновая обработка



Разгрузка заготовки и формирование уступа.

На рисунке представлен чертеж для выполнения практической работы. При выполнении работы руководствоваться данным пособием и конспектом.

Папка с выполненными заданиями находится на диске студента с именем «ПАО» и под именем «151901.36.07.ПАО.П.01.prt»:

1. 151901 – код специальности;
2. 36 – номер группы;
3. 07 – вариант по журналу, он же вариант работы;
4. ПАО – код изучаемого предмета «Программирование для автоматизированного оборудования»;
5. П – практическая работа;
6. 01 – номер работы.

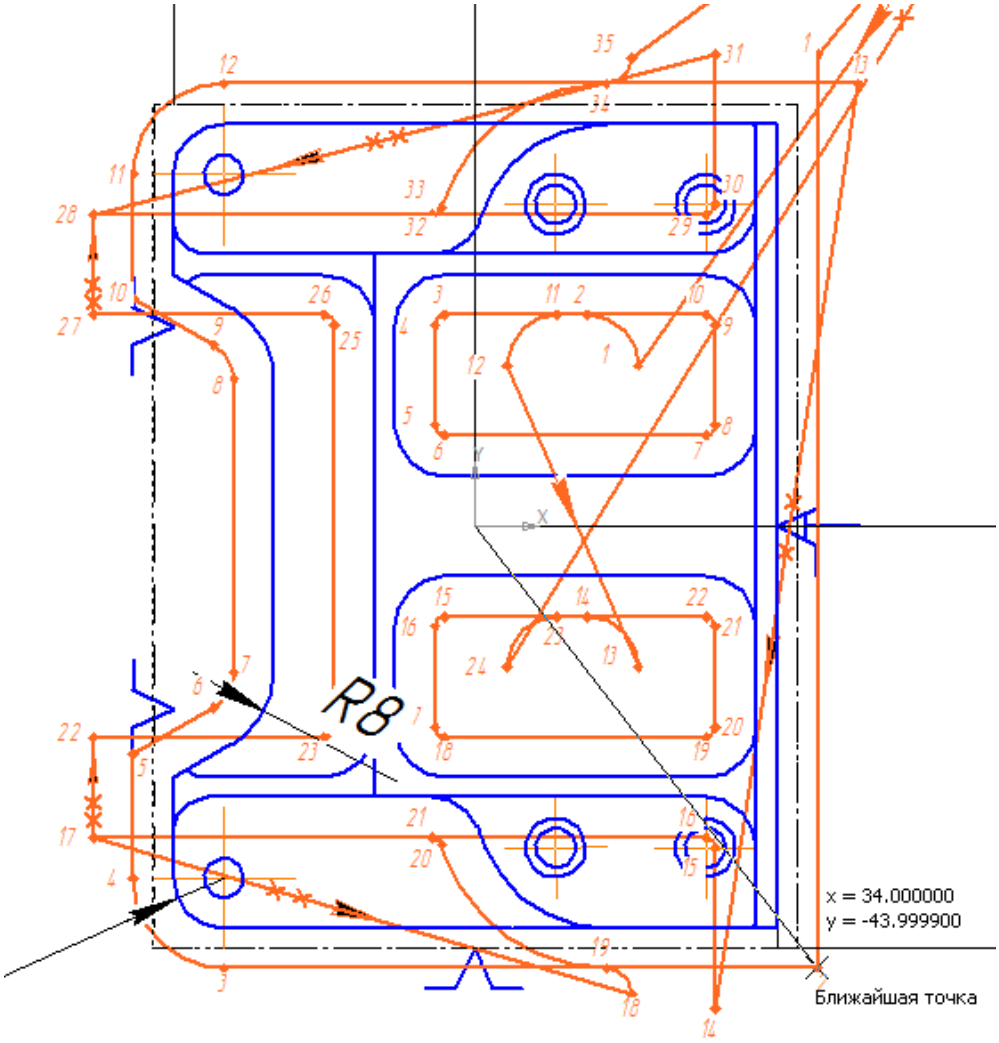
Этот же код прописывается в главной надписи чертежа детали при его оформлении.

4. Расчет траектории движения инструмента с использованием САПР

Цель работы: научиться заполнять формы сопроводительной документации и освоить при помощи САПР снимать координаты точек и приращения с расчетно-технологической карты, по которой производится программирование управляющей программы.

1. Открыть в САПР «Компас» или AutoCAD ранее спроектированное РТК, на выданную деталь.

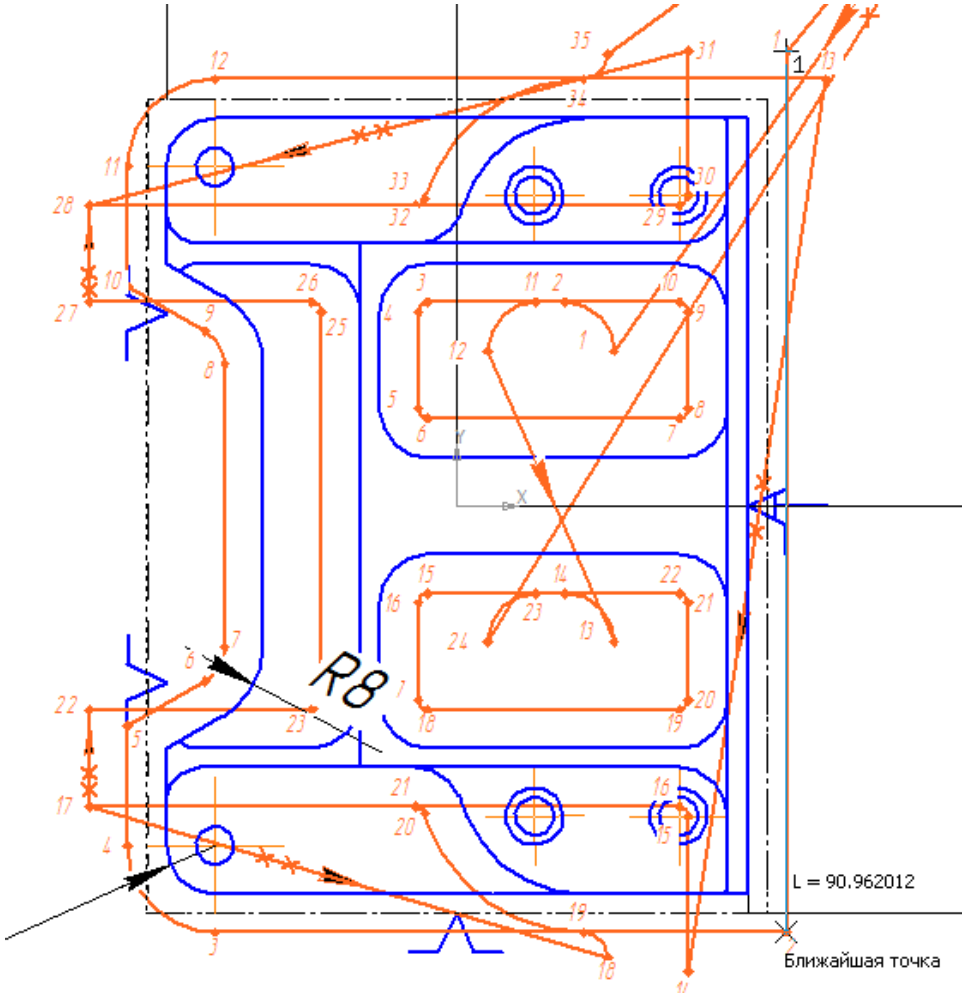
2. Выбрать команду «Координаты точки» в САПР КОМПАС в меню «Измерения» или «ID» в САПР AutoCAD и отмечая опорные точки снимите их координаты.



3 Полученные данные занесите в сопроводительную таблицу.

№ опорной точки	Абсолютная система координат G90			Относительная система координат G91		
	Абсолютные координаты			Приращения		
	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
1	34	49.999	0.5	-	-90.962	-
2						
3						
…						

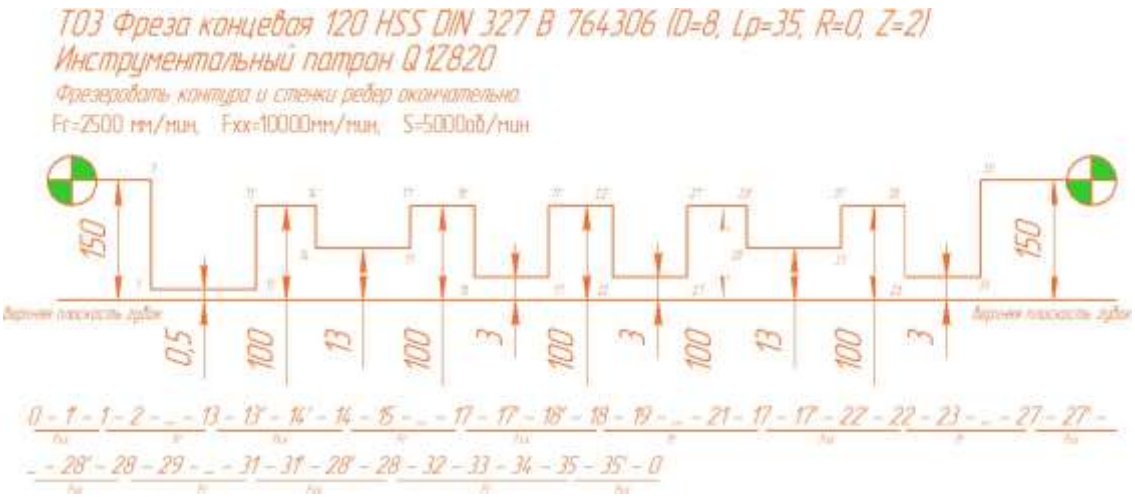
4 Следующим этапом снимаются приращения применением для этого команды «Расстояние» в САПР КОМПАС из меню «Измерения» или команду «Dist» в САПР AutoCAD для снятия приращения между опорными точками.



И занесите данные в таблицу в колонки приращения.

5 Снимите координаты точек и приращений на один любой инструмент от первой до последней точки.

6 Координаты перемещения инструмента по Z и приращения возьмите с диаграммы Z.



7 Оформить отчет и сдать преподавателю.

8 Образец отчета смотри на следующей странице.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

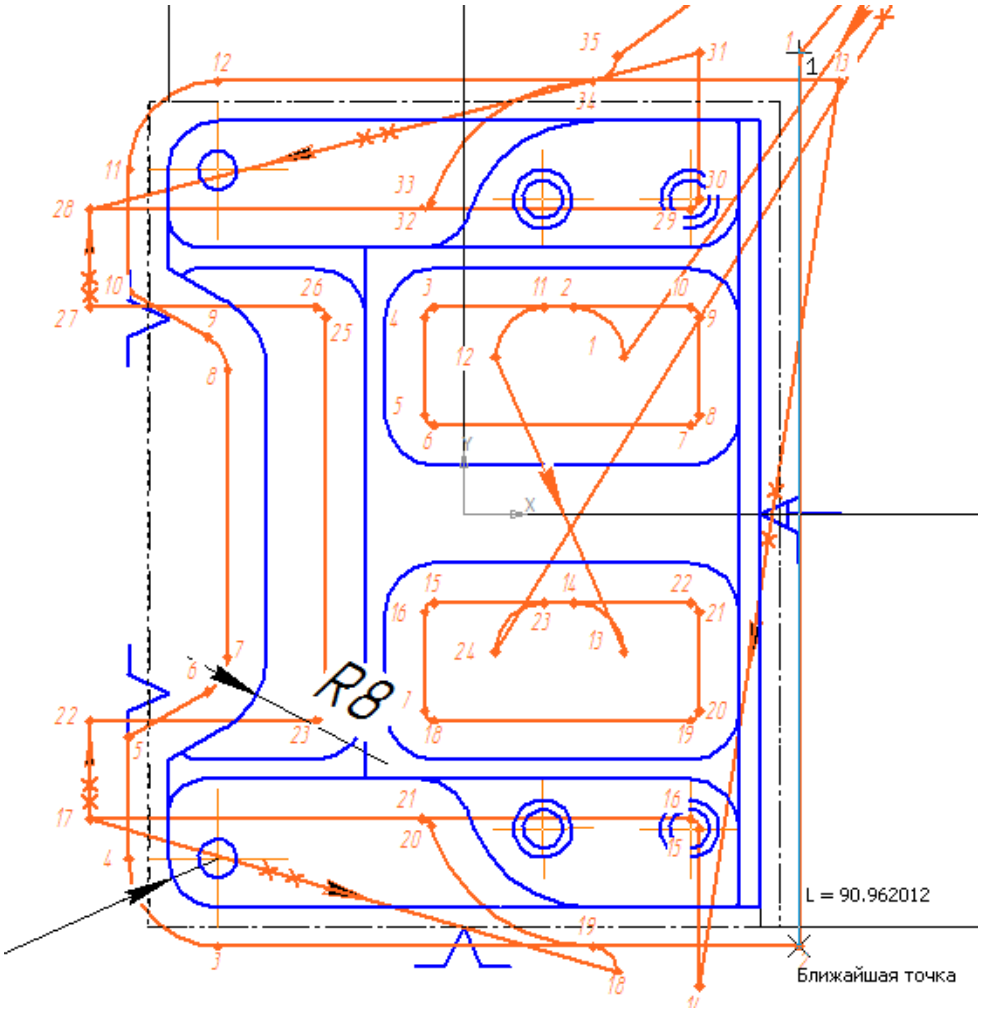
Кафедра металлорежущих станков и инструментов

ПРОГРАММИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Проверил:	Выполнил:
Петров П. П.	Николаев Н. Н.
_____	_____
«__»_____201__	«___»_____201_

Кемерово 2019

Фрагмент РТК



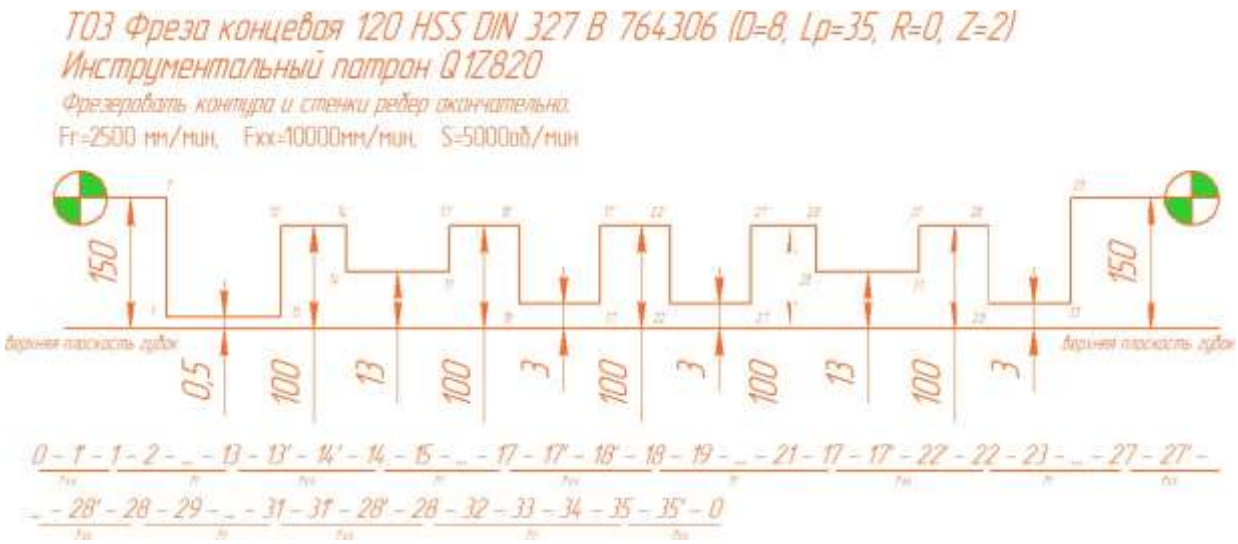


Таблица координат опорных точек
и приращений на инструмент Т03

№ опорной точки	Абсолютная система координат G90			Относительная система координат G91		
	Абсолютные координаты			Приращения		
	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
1	34	49.999	0.5	-	-90.962	-
2						
3						
…						

5. РАБОТА НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМОЙ ЧПУ 2Р22

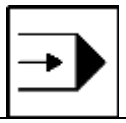
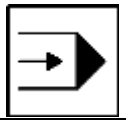
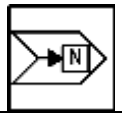
5.1. Пульт управления

Для задания режимов работы устройства ЧПУ 2Р22, ручного ввода данных, редактирования программ, ведения диалога с устройством предназначен пульт управления, выполненный в виде выносного блока, установленного на вращающейся консоли станка. Клавиатура пульта управления приведена на рис. 17, а назначение клавиш – в табл. 3.

Функции, выполняемые в основном и вспомогательном режимах работы устройства ЧПУ 2Р22, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Режимы работы устройства ЧПУ 2Р22

Функция	Режим работы	
	основной	вспомогательный
1	2	3
Обработка детали по управляющей программе	Режим «Автоматический» 	–
Обработка детали по управляющей программе с остановками в конце кадра	Режим «Автоматический» 	Режим «Покадровый» 
Составление программы по образцу, набор и отработка отдельных кадров	Режим «Ручной»	–
Привязка системы отсчета к станку	Режим «Ручной»	Режим «Выход в фиксированную точку станка»

Продолжение табл. 7

1	2	3
Полуавтоматический ввод в память плавающего нуля и вылетов инструмента	Режим «Ручной»	Режим «Полуавтоматический ввод констант»
Полуавтоматический ввод в память исходного положения	Режим «Ручной»	Режим «Полуавтоматический ввод констант»,
Выход в исходное положение	Режим «Ручной»	Режим «Выход в исходное положение»
Ввод управляющей программы с пульта управления, индикация и редактирование программ	Режим «Ввод»	–
Ввод, индикация и редактирование вылетов инструмента, плавающего нуля, исходного положения, параметров станка	Режим «Ввод»	Режим «Ввод констант»
Поиск необходимого номера кадра технологической программы и его индикация	Режим «Ввод»	Режим «Поиск кадра»
Ввод технологической программы с магнитной ленты	Режим «Ввод»	Режим «Внешний носитель – магнитная лента»
Ввод технологической программы с перфоленты	Режим «Вывод»	Режим «Внешний носитель – перфолента»

Окончание табл. 7

1	2	3
Вывод программы на магнитную ленту	Режим «Вывод»	Режим «Внешний носитель – магнитная лента»
Вывод программы на перфоленту	Режим «Вывод»	Режим «Внешний носитель – перфолента»
Проверка работоспособности устройства по тестам, заложенным в программном обеспечении	Режим «Тест»	Режим «Диагностика»
Ввод тестов с магнитной ленты	Режим «Тест»	Режим «Внешний носитель – магнитная лента»
Ввод тестов с перфоленты	Режим «Тест»	Режим «Внешний носитель – перфолента»
Индикация датчиков и состояния обменных сигналов на входных и выходных разъемах устройства ЧПУ	Режим «Тест»	Режим «Индикация электроавтоматики станка»
Сброс индикации состояния обменных сигналов	Режим «Тест»	Режим «Сброс индикации электроавтоматики станка»

Для выполнения, представленных в табл. 7 функций, необходимо выйти в соответствующий режим работы (основной и

вспомогательный), нажав приведенные клавиши на пульте управления устройства ЧПУ.

Клавиши, действие которых продолжается после их отпускания, имеют световую сигнализацию. Клавиши выбора основных режимов 3, 4, 5, 6, 7 имеют зависимое включение, т.е. одновременно действует только одна из них. Действие остальных клавиш, имеющих световую сигнализацию, отменяется повторным нажатием.

5.2. Привязка устройства ЧПУ к параметрам станка

Перед началом обработки детали оператор должен выполнить привязки устройства к параметрам станка, системы отсчета к станку, инструмента к системе отсчета и системы отсчета к детали.

Привязку устройства ЧПУ к параметрам станка осуществляют путем введения в его память параметров станка и проводят в режимах «Ввод» (основном) и «Ввод констант» (вспомогательном).

Для ввода параметров необходимо выполнить следующие операции (см. рис. 17):

- нажать последовательно клавиши 5 (ввод), 2 (ввод констант), P (область параметров), 13 (сброс памяти), N (номер параметра);
- набрать на клавиатуре 001 (числовое значение номера первого параметра);
- нажать клавишу P (параметр);
- набрать на клавиатуре числовое значение параметра, соответствующее его номеру (табл. 8). Номер параметра и его числовое значение высвечиваются на шестой строке экрана БОСИ (блока отображения символьной информации);
- нажать клавишу 20 (ввод данных).

После того, как номер параметра и его числовое значение введены в память, они стираются с экрана, а на нем высвечивается порядковый номер следующего параметра. Затем, начиная с нажатия клавиши P (параметры), в той же последовательности вводят числовые значения остальных параметров (табл. 8).

Таблица 8

Значения и функциональные назначения постоянных параметров ЧПУ 2Р22

Номер параметра	Числовое значение	Функциональное назначение
1	2	3
001	Р-300	Фиксированное положение по координате X
002	Р-500	Программный ограничитель по координате – X
003	Р1000	Программный ограничитель по координате +X
004	Р-1000	Программный ограничитель по координате – Z
005	Р1000	Программный ограничитель по координате +Z
006	Р318	Максимальное число оборотов шпинделя на первом диапазоне регулируемого привода
007	Р900	Максимальное число оборотов шпинделя на втором диапазоне регулируемого привода
008	Р2240	Максимальное число оборотов шпинделя на третьем диапазоне регулируемого привода
009	Р0	Максимальное число оборотов шпинделя на четвертом диапазоне регулируемого привода
010	Р22	Минимальное число оборотов шпинделя на первом диапазоне регулируемого привода
011	Р63	Минимальное число оборотов шпинделя на втором диапазоне регулируемого привода
012	Р160	Минимальное число оборотов шпинделя на третьем диапазоне регулируемого привода
013	Р0	Минимальное число оборотов шпинделя на четвертом диапазоне регулируемого привода
014	Р10	Ползучая скорость шпинделя регулируемого привода
015	Р0/1	Индикация рассогласования (0 – нет индикации; 1 – есть индикация)
016	Р1000	Максимальное число оборотов шпинделя при постоянной скорости резания
017	Р100	Минимальное число оборотов шпинделя при постоянной скорости резания

Окончание табл. 8

1	2	3
018	P0	Величина люфта по координате X в мм
019	P0	Величина люфта по координате Z в мм
020	P5	Величина быстрого хода по координате X, м/мин
021	P7	Величина быстрого хода по координате Z, м/мин
022	P1	Время на передачу символа для связи с ЭВМ верхнего ранга в секундах
023	P2	Время на установление связи с ЭВМ верхнего ранга в секундах
024	P10	Время опроса символов неготовности при связи с ЭВМ верхнего ранга в секундах
025	P2	Время ответа на блок при связи с ЭВМ верхнего ранга в секундах
026	P4	Время на передачу блока при связи с ЭВМ верхнего ранга в секундах
027	P1	Код номера УЧПУ для ЭВМ верхнего ранга

Для индикации параметров станка (последовательного вывода их на экран БОСИ) необходимо нажать клавиши 5 (ввод), 2 (ввод констант), P (параметр), 9 (сдвиг кадра).

После каждого нажатия клавиши 9 высвечивается очередной параметр. Об окончании количества параметров сигнализирует надпись КР на экране БОСИ.

5.3. Привязка системы отсчета к станку

Привязку системы отсчета к станку производят путем перемещения резцедержателя в фиксированное положение. Привязку осуществляют в основном режиме «Ручное управление» и во вспомогательном режиме «Выход в фиксированное положение станка».

Фиксированное положение (ФП) определяется положением конечных выключателей, смонтированных на суппортной группе станка, и кулачков, находящихся в пазах линеек поперечного и

продольного перемещений. На каждой из линеек установлено по два кулачка, определяющих ФП. Первый кулачок служит для подачи команды на предварительное замедление скорости перемещения при подходе к ФП, а второй кулачок – для подачи команды о достижении ФП.

Для выхода резцедержателя в ФП необходимо:

- нажать клавишу 4 (ручное управление). Над клавишей загорится лампочка, на первой строке БОСИ высветится «Ручное управление»;
- нажать клавишу 16 (фиксированное положение). Над клавишей загорится лампочка, на первой строке БОСИ высветится ФП;
- нажать клавишу 17 (пуск). Над ней загорается лампочка.

После нажатия клавиши 17 начинается движение по координате X. Направление движения от оси шпинделя к оператору. При достижении положения, определяемого конечными выключателями, движение по координате X прекращается и начинается движение по координате Z по направлению к шпинделю. При достижении положения, определяемого конечными выключателями, движение по координате Z прекращается. Выключается световая сигнализация над клавишей 16, а на экране БОСИ (четвертая и пятая строчки) высвечиваются цифры, которые характеризуют координаты фиксированного положения.

5.4. Полуавтоматический ввод исходного положения и выход инструмента в это положение

Для осуществления привязки инструмента к системе отсчета необходимо установить резцедержатель в исходное положение, т. е. наиболее удобное положение для смены инструмента и закрепления заготовки в патрон при обработке каждой конкретной детали.

При смене инструмента в процессе обработки или после ее окончания резцедержатель перемещается в исходное положение.

Резцедержатель устанавливают в исходное положение в режимах «Ручное управление» (основной) и «Полуавтоматический ввод исходного положения» (вспомогательный). Для этого необходимо выполнить следующие операции:

- нажать клавишу 4, установив режим «Ручное управление», над клавишей загорится светодиод, на первой строке БОСИ высветится фраза «Ручное управление»;

- нажать клавишу 2, установив вспомогательный режим «Полуавтоматический ввод констант», над клавишей загорится светодиод, на первой строке БОСИ высветится фраза «Ввод констант полуавтоматический»;

- пользуясь мнеморукояткой и штурвалами, установить резцедержатель в требуемое положение;

- нажать клавишу 15 (исходное положение), на шестой строке экрана БОСИ высветятся координаты исходного положения;

- нажать клавишу 20 (ввод данных). Величины координат исходного положения стираются с экрана и записываются в память.

Теперь в памяти устройства хранятся координаты исходного положения. Если их необходимо изменить, описанные выше операции повторяют для нового положения резцедержателя. В случае когда инструмент выведен из исходного положения и его необходимо вернуть обратно, нажимают последовательно клавиши 4 (ручное управление), 15 (исходное положение) и 17 (пуск).

5.5. Привязка инструмента к системе отсчета

Привязка инструмента к системе отсчета производится последовательно в два этапа. На первом предварительном этапе вводят значение плавающего нуля и нулевые вылеты инструментов, а на втором основном этапе выполняют привязку каждого инструмента к системе отсчета.

На первом этапе устанавливают основной режим работы «Ввод» и вспомогательный режим «Ввод констант». Вводят плавающий нуль по координате Z. Для этого нажимают клавиши 5 (ввод), 2 (ввод констант), Z и набирают числовое значение плавающего нуля, например Z = 0. Набранная информация высвечивается на шестой строке экрана БОСИ. Затем нажимают клавишу 20 (ввод данных), значение плавающего нуля вводится в память устройства, а информация о нем стирается с экрана БОСИ. После этого в память устройства вводят нулевые значения вылетов всех, имеющихся в револьверной головке, инструментов. Для чего

нажимают клавиши T (номер инструмента), Z (координата Z), набирают числовое значение, равное нулю, нажимают клавишу X (координата X) и 0. Набранная информация высвечивается на шестой строке экрана БОСИ. Вводят набранные вылеты инструмента в память устройства, нажимая клавишу 20 (ввод данных). При этом вводимая информация стирается с экрана БОСИ. Таким же образом вводятся вылеты других имеющихся в резцедержателе инструментов.

Привязку инструмента к системе отсчета производят в такой последовательности: закрепляют обрабатываемую заготовку, устанавливают режимы работы «Ручное управление» (основной) и «Полуавтоматический ввод констант» (вспомогательный), устанавливают в револьверной головке необходимые режущие инструменты, задают значение номера позиции привязываемого инструмента, частоты вращения шпинделя и подачи. Например, на клавиатуре пульта набирают информацию T01 S3 500 F0,25, которая означает размещение привязываемого инструмента в первой позиции револьверной головки, третий диапазон чисел оборотов, вращение шпинделя с частотой 500 об/мин, подача 0,25 мм/об. После нажатия клавиши 17 (пуск) револьверная головка поворачивается в требуемую позицию и происходит запуск вращения шпинделя.

Пользуясь мнеморукояткой и маховичками, протачивают цилиндрическую часть заготовки. Инструмент отводят по координате Z, не изменяя его положения по координате X. Затем нажимают клавишу 18 (стоп) и останавливают вращение шпинделя.

Измеряют диаметр проточенной части заготовки, нажимают клавишу X (координата X) и набирают с помощью клавиатуры пульта управления числовое значение измеренного диаметра в миллиметрах.

На седьмой строке экрана БОСИ высветится введенная величина. После нажатия клавиши 14 (ввод по образцу) на шестой строке экрана БОСИ высветятся номер инструмента и вычисленное системой ЧПУ значение вылета инструмента по координате X.

Затем включают вращение шпинделя, нажимая клавишу 17 (пуск) и пользуясь мнеморукояткой и маховичками, подрезают

торец. Инструмент отводят по координате X, не изменяя его положения по координате Z, и останавливают вращение шпинделя, нажимая клавишу 18 (стоп).

На клавиатуре набирают текущее значение по координате Z, которое записано на пятой строке экрана БОСИ. Введенная величина высветится на седьмой строке экрана БОСИ. Затем нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). На шестой строке к имеющейся информации добавится значение вылета инструмента по координате Z. Далее нажимают клавишу 20 (ввод данных). Значения вылетов инструмента записываются в память устройства и стираются с экрана БОСИ.

Для того чтобы ввести в память новое значение плавающего нуля, полученное после привязки инструмента, нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). На шестой строке экрана БОСИ высветится значение плавающего нуля. Затем нажимают клавишу 20 (ввод данных). В этом случае значение плавающего нуля записывается в память устройства и стирается с экрана БОСИ. Текущее значение по координате Z станет равно 0. На восьмой строке экрана БОСИ высветится значение плавающего нуля.

Для того чтобы установить в рабочую позицию следующий инструмент, нажимают клавишу T и набирают числовое значение новой позиции инструмента (например, T02) и нажимают клавишу 17 (пуск).

Резцедержатель перемещается в исходное положение, происходит смена инструмента и запуск вращения шпинделя.

Затем производят привязку следующего инструмента.

5.6. Привязка системы отсчета к детали

Привязку системы отсчета к детали производят в такой последовательности: закрепляют обрабатываемую заготовку, устанавливают режимы работы «Ручное управление» (основной) и «Полуавтоматический ввод констант» (вспомогательный), устанавливают инструмент, привязанный к системе отсчета, в рабочую позицию; задают требуемые значения подачи, частоты вращения шпинделя, номера инструмента; пользуясь мнеморукояткой и маховичками, обтачивают торец заготовки и отводят инструмент по координате X, не изменяя его положения по коорди-

нате Z; выключают шпиндель нажатием клавиши 18 (стоп); нажимают клавишу 14 (ввод по образцу), на шестой строке экрана БОСИ высветится величина «плавающего нуля» по координате Z; нажимают клавишу 20 (ввод данных), величина плавающего нуля вводится в память и стирается с шестой строки экрана; ранее записанная величина «плавающего нуля» заменяется новым его значением.

5.7. Ввод управляющей программы в память устройства ЧПУ 2Р22 и ее индикация

Для ввода управляющей программы следует нажать клавиши 5 (ввод), 13 (сброс памяти), N (номер кадра) и набрать номер первого кадра программы. Набор и ввод производится последовательно по кадрам. Набираемая программа высвечивается на экране БОСИ в шестой, седьмой и восьмой строках. Во время набора последнюю фразу можно стереть нажатием клавиши 11 (чистка). Набранный кадр вводится в память нажатием клавиши 5 (ввод) и стирается с экрана БОСИ, где автоматически высвечивается номер следующего кадра и т. д. Если программа закончена, т. е. набран кадр, содержащий слово М02, то в правом углу первой строки экрана БОСИ высвечивается КП (конец программы).

Для продолжения работы в ранее прерванном режиме ввода программы необходимо нажать клавиши 5 (ввод), 1 (поиск кадра) и набрать номер последнего кадра ранее введенной программы. Затем нажимают клавишу 9 (сдвиг кадра). На экране БОСИ высветится последний кадр введенной программы. При повторном нажатии клавиши 9 шестая, седьмая и восьмая строки экрана БОСИ стираются, высвечивается следующий номер кадра.

Для индикации, введенной в память устройства программы, необходимо нажать клавиши 5 (ввод) и 9 (сдвиг кадра). В этом случае первый кадр программы высвечивается на экране БОСИ. Последовательными нажатиями клавиши 9 высвечиваются последующие кадры.

В случае окончания программы при дальнейшем нажатии клавиши 9 индикация вновь начинается с первого кадра.

Для просмотра программы с определенного кадра необходимы действия, которые аналогичны вводу программы с опреде-

ленного кадра. Просмотр программы продолжают нажатием клавиши 9.

5.8. Редактирование управляющей программы

При редактировании ранее введенной в память устройства программы можно производить стирание любого кадра, ввод одного или нескольких кадров в любое место программы, исключение любого слова из любого кадра, ввод одного или нескольких слов в любой кадр программы.

Для стирания любого кадра его необходимо найти и вывести на экран БОСИ. Затем нажать клавишу 11 (чистка). Кадр стирается из памяти системы и с экрана БОСИ.

Для ввода одного или нескольких кадров в любое место программы следует найти кадр, после которого осуществляется ввод, и ввести необходимые кадры, руководствуясь методом, изложенным в предыдущем разделе.

Чтобы исключить слово из любого кадра программы, следует вывести его на экран БОСИ, затем последовательным нажатием клавиши 10 (сдвиг фразы) найти нужное слово и нажать клавишу 11 (чистка).

Для ввода одного или нескольких слов в любой кадр программы вводят на экран БОСИ слово, после которого необходимо произвести ввод, и выполняют действия набора и ввода нужных слов. Отредактированный кадр контролируют нажатием клавиши 9 (сдвиг кадра).

5.9. Ввод программы с программоносителя

При установившейся номенклатуре деталей, обрабатываемых на станке, для сокращения времени и уменьшения возможности возникновения ошибок целесообразно управляющую программу вводить не с клавиатуры пульта, а с магнитной ленты или перфоленты.

Для этого необходимо установить кассету с магнитной лентой в кассетный накопитель или перфоленту в фотосчитывающее устройство, нажать клавишу 5 (ввод). В случае ввода управляющей программы с магнитной ленты (МЛ) один раз нажать клави-

шу 8 (носитель информации) и набрать номер управляющей программы, при вводе управляющей программы с перфоленты (ПЛ) два раза нажать клавишу 8.

На первой строке экрана БОСИ появится сообщение «Ввод программы МЛ» или «Ввод программы ПЛ». Затем нажать клавишу 17 (пуск). Начнется ввод программы с программоносителя в память устройства ЧПУ.

После окончания ввода УП с перфоленты на первой строке экрана БОСИ высвечивается КП (конец программы), продолжает гореть световая индикация клавиши 5 (ввод), гаснет световая индикация над клавишей 8 (носитель информации). При правильном считывании МЛ горит световая индикация клавиши 5 (ввод), гаснет световая индикация над клавишей 8 (носитель информации), номер программы с экрана БОСИ стирается.

При неправильном вводе на экране БОСИ появляется сообщение оператору, указывающее признак ошибки.

В режиме «Ввод» действует клавиша 18 (стоп). После отмены ее действия режим ввода программы необходимо повторить.

5.10. Режим «Вывод»

В режиме «Вывод» осуществляют запись отработанной программы, находящейся в памяти УЧПУ, на программоноситель.

Для вывода программы необходимо установить кассету с магнитной лентой в кассетный накопитель или перфоленту в перфоратор, нажать клавиши 6 (вывод), 8 (носитель информации) один раз в случае вывода на магнитную ленту (два раза в случае вывода на перфоленту) и задать с клавиатуры пульта управления номер программы.

На первой строке экрана БОСИ появится сообщение «Вывод МЛ» или «Вывод ПЛ». Далее следует нажать клавишу 17 (пуск) для вывода управляющей программы на программоноситель.

Если запись программы происходит без сбоев, световая индикация над клавишей 8 (носитель информации) гаснет. При возникновении сбоев в записи на экране БОСИ появляется сообщение оператора с признаком ошибки, номер программы не стирается и световая индикация над клавишей 8 не гаснет. В этом случае необходимо программу записать заново. При повторной за-

писи на МЛ номер программы необходимо увеличить на единицу.

Заданием нулевого номера программы N0 ранее записанную на магнитную ленту информацию стирают.

В режиме «Вывод» действует клавиша 18 (стоп). После отмены ее действия запись УП необходимо повторить.

5.11. Режим «Ручное управление»

В режиме ручного управления оператор имеет возможность обрабатывать деталь при помощи мнеморукоятки или маховичков, набирать и отрабатывать кадры, а также составлять программы по образцу.

Для работы мнеморукояткой или маховичками необходимо установить режим ручного управления, нажав клавишу 4, затем задать выбранную частоту вращения шпинделя и величину подачи и нажать клавишу 17 (пуск). Шпиндель начнет вращаться с заданной частотой.

Движение каретки или суппорта, а также их совместное движение получают, вращая маховички по часовой стрелке или против нее. Координаты текущего положения инструмента по осям X и Z высвечиваются на четвертой и пятой строках БОСИ.

При повороте мнеморукоятки в одно из четырех положений (←Z, →Z,↑X, ↓ X) суппорт или каретка перемещаются на рабочей подаче. Для получения ускоренного перемещения одновременно с поворотом мнеморукоятки необходимо нажать расположенную на ней кнопку (если кнопку отпустить, ускоренное движение прекратится).

Чтобы выключить движение, мнеморукоятку устанавливают в нейтральное вертикальное положение.

Для автоматической обработки в ручном режиме запрограммированный кадр набирают на клавиатуре пульта без его номера и нажимают клавишу 17 (пуск).

По окончании отработки кадра информация на экране БОСИ гасится, можно набирать следующий кадр.

Если фраза задана неправильно, а клавиша 17 еще не нажата, то для стирания информации следует нажать клавишу 11 (чистка).

Постоянные циклы L08, L09, L10, L11 в этом режиме не отрабатываются.

Для составления программы по образцу нажимают клавиши 5 (ввод), 13 (сброс) и 4 (ручное управление).

Набор кадра начинается с его номера, который является признаком составления программы по образцу. В первом кадре программируется технологическая информация.

После набора кадра нажимают клавишу 17 (пуск). По окончании отработки кадра информация записывается в память устройства нажатием клавиши 20 (ввод данных).

Затем па экране БОСИ высвечивается следующий номер кадра. Кадр набирают, отрабатывают и записывают в память, нажимая клавиши 17 (пуск) и 20 (ввод данных). Идет постепенная обработка детали с записью в память.

Отдельные кадры могут формироваться при обработке с помощью маховичков и мнеморукоятки. Контроль размеров осуществляется по индикации на четвертой и пятой строках БОСИ. После отработки нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). При этом на экране БОСИ, начиная с шестой строки, высвечиваются координаты режущей кромки инструмента. Ввод в память осуществляется после нажатия клавиши 20 (ввод данных).

В тех случаях, когда при отработке кадра полученные размеры необходимо доработать, это выполняют с помощью маховичков или мнеморукоятки. Перед записью информации в память введенные ранее в кадр числовые значения по координатам X и Z необходимо вначале стереть нажатием на клавиши 11 (чистка), а затем 14 (ввод по образцу). Полученные числовые значения по координатам X и Z высветятся на экране БОСИ. Нажатием клавиши 20 (ввод) их записывают в память. Последний кадр должен содержать команду M02. После его отработки осуществляется выход в исходное положение.

5.12. Автоматический режим

Отработку управляющих программ с первого и заданного кадров, а также покадровую отработку выполняют в автоматическом режиме.

Для автоматической отработки программы с первого кадра необходимо нажать клавиши 3 (автомат), 12 (начало программы) и 17 (пуск). В процессе отработки УП на второй строке экрана БОСИ высвечивается номер отрабатываемого кадра. Если в программе есть кадры с циклами L08, L09, то до отработки конечного прохода высвечивается только тот номер кадра, в котором записан цикл L08 или L09.

При отработке конечного прохода циклов L08 и L09 последовательно высвечиваются номера кадров описания контура детали. В тех случаях, когда отработку необходимо остановить, нажимают клавиши 18 (стоп), а для дальнейшего продолжения отработки – клавишу 17 (пуск).

Если после нажатия клавиши 18 требуется отмена автоматического режима, нажимают клавишу нужного режима.

Для предварительного опробования программы необходимо отработать ее кадр за кадром, начиная с кадра N001. Для покадровой отработки нажимают клавиши 3 (автомат), 12 (начало программы), 1 (останов по концу кадра), 17 (пуск). После окончания выполнения кадра для отработки следующего кадра необходимо вновь нажать клавишу 17 и нажимать ее после отработки каждого очередного кадра, пока не будет отработана вся УП.

Повторное (двойное) нажатие клавиши 1 (останов по концу кадра) отменяет покадровую отработку. Для отработки программы в автоматическом режиме с любого кадра, кроме первого, необходимо в ручном режиме «Ввод» ввести величины T, S и F (если они не содержатся в данном кадре) и включить станок, нажимая клавишу 17. При этом произойдет перемещение резцедержателя в исходное положение и запуск вращения шпинделя. Затем следует найти требуемый кадр, нажав последовательно клавиши 5 (ввод), 1 (поиск кадра), 9 (сдвиг кадра), перейти в режим «Автомат», нажав клавишу 3 (автомат), включить станок в работу клавишей 17. Если кадр, с которого необходимо начать отработку УП содержит геометрическую информацию, заданную в приращениях (адреса U, W), то перед поиском кадра необходимо с помощью мнеморукоятки (грубо) и маховичков (точно) выставить инструмент в точку, с которой должна начаться отработка данного кадра.

В процессе автоматической отработки программы подачу можно корректировать. Величину коррекции задают в процентах. Для этого в режиме «Автомат» необходимо нажать клавишу F (подача) и числовое значение в процентах, например, F 150 %. Для отмены коррекции подачи необходимо нажать клавиши F (подача) и 12 (коррекция).

Для назначения режима остановки программы по команде M01 необходимо в режиме «Автомат» набрать M01 %. Для отмены этого режима необходимо набрать M %.

Если в процессе отработки программы переключатель на станке установить в положение «Стоп подачи», то перемещение рабочего органа прекратится; если его установить в положение «Стоп шпинделя», то вращение шпинделя также прекратится. При возвращении переключателя в исходное положение возобновляются вращение шпинделя, а затем подача.

5.13. Режим «Тест» и автоматическая диагностика

В математическом обеспечении устройства 2Р22 заложена возможность проверки его работоспособности в режиме «Тест». При нажатии клавиш 7 (тест) и 12 (начало программы) на экране высветится «Тест диагностика УЧПУ 2Р22 ПО 00036-01» и начнется проверка устройства по тесту, заложенному в память устройства. После первого прохождения теста автоматически начинается его повторение. Число повторений высвечивается на экране БОСИ. Если тестирование проходит нормально и в устройстве не обнаружено неисправностей, нажатием клавиши 11 (чистка) дальнейшее тестирование прекращается и устанавливается режим «Ручное управление».

В случае обнаружения неисправностей на экране БОСИ высвечивается наименование неисправности. Для продолжения проверки нажимают клавишу 9 (сдвиг кадра). Если других неисправностей нет, устанавливается «Ручной режим», при наличии новой неисправности высветится ее наименование. Последовательное нажатие на клавишу 9 (сдвиг кадра) позволяет выявить все неисправности. Признаком их выявления является переход устройства в режим «Ручное управление». Все установленные

неисправности для дальнейшей эксплуатации станка должны быть устранены.

При обнаружении искажений в памяти на экране высвечивается «ТП ввести» (технологическую программу ввести), «К ввести» (константы ввести) или «Р ввести» (параметры ввести).

Диагностику основных блоков устройства проводят и при включении устройства в работу в течение первых 4-5 секунд. На экране БОСИ высвечивается «Диагностика УЧПУ 2Р22 ПО 00036-01». Если неисправности в устройстве отсутствуют, устанавливается режим «Ручное управление». В случае обнаружения неисправностей необходимо выполнить действие, указанное выше.

Если при включении устройства в нижней части экрана блока БОСИ высвечивается «173000», то необходимо открыть приборный блок и установить переключатель режима работы ЭВМ «Электроника 60М» в положение «Программа» и вновь включить устройство.

Необходимые проверочные тесты можно вводить в память устройства с магнитной ленты или перфоленты. Для этого кассету с тестами устанавливают в кассетный накопитель (перфоленту в фотосчитывающее устройство) и нажимают клавишу 7 (тест). Для ввода теста с магнитной ленты необходимо один раз нажать клавишу 8 (носитель информации), задать номер тест программы и нажать клавишу 17 (пуск). Для ввода теста с перфоленты клавишу 8 (носитель информации) необходимо нажать дважды и затем нажать клавишу 7. При правильном вводе на экране БОСИ высветится число «17712», в случае неправильного – на экране БОСИ высветится наименование неисправности.

Для выхода из программного режима нажимают клавишу 18 (стоп). На нижней строке экрана БОСИ высветится символ звездочка.

В процессе подготовки станка к работе и в течение всего процесса обработки детали в УЧПУ устройством диагностики ведется автоматический контроль правильности его функционирования.

Сигнализация ошибки производится высвечиванием на экране БОСИ символа «?» и признака ошибки.

Признаки наиболее часто встречающихся ошибок и способы их устранения приведены в табл. 9.

Таблица 9

Признаки ошибок и способы их устранения

Признак ошибки	Вероятная причина	Способ устранения
? СБОЙ МЛ	Сбой в режиме ввода на магнитную ленту или вывода с нее	Повторить режим
? ЗАЩИТА	Защита записи и стирания на магнитной ленте	Снять защиту или заменить кассету с магнитной лентой
? НЕ ГОТОВ	Не готов кассетный накопитель на магнитной ленте	Проверить исправность кассетного накопителя на магнитной ленте
? НЕТ ПРОГР	Нет программы на магнитной ленте	Правильно задать номер программы
? КОНЦ МЛ	Нет места на магнитной ленте	Сменить магнитную ленту
? ПЛ	Ошибка перфоратора	Повторить режим
? ПРОГ	Нет технологической программы в памяти	Задать программу
? Конец	Нет места в памяти	Исправить программу
? Цикл	Неверно задан номер цикла	Исправить номер цикла
? Е	Подача и быстрый ход заданы в одном кадре	Задать правильно кадр
? ОШ	Ошибка оператора при наборе констант	Исправить ошибку
?	Не задана частота вращения шпинделя в режиме «Ввод»	Задать скорость вращения шпинделя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебреницкий. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 588 с.

2. Стискин, Г. М. Токарные станки с оперативным программным управлением / Г. М. Стискин, В. Д. Гаевский. – Киев: Техника, 1989. – 176 с.

3. Шарин, Ю. С. Подготовка программ станков с ЧПУ. – Москва: Машиностроение, 1980. – 144 с.

4. Анохин, О. Н. Технология обработки на станках с ЧПУ: методическое пособие к изучению дисциплин «Эксплуатация станков с ЧПУ и ГПС», «Технология обработки на станках с ЧПУ» / О. Н. Анохин, Е. В. Локшин. – Орел: ОрелГТУ, 1997. – 93 с.

5. Сотников, В. И. Подготовка к работе токарного станка модели 16А20Ф3, оснащенного системой ЧПУ 2Р22: методические указания к выполнению лабораторной работы / В. И. Сотников, О. Н. Анохин. – Орел: ОрелГТУ, 2002. – 30 с.

6. Сотников, В. И. Разработка управляющих программ для токарных станков, оснащенных системой ЧПУ 2Р22: учебно-методическое пособие для выполнения практических занятий по дисциплине «Программирование обработки на станках с ЧПУ». – Орел: ОрелГТУ, 2002. – 36 с.

7. Фельдштейн, Е. Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2005. – 287 с.