ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» дневной формы обучения

Часть 1

Могилев 2017

УДК 621.9.06:004
ББК 34.63:32.81
Т 38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «6» апреля 2017 г., протокол № 13

Составители: канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;
канд. техн. наук, доц. И. Д. Камчицкая

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Приведены задания к практическим занятиям по дисциплине «Технология и программирование обработки на станках с ЧПУ», а также методические рекомендации по их выполнению.

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Часть 1

Ответственный за выпуск В. М. Шеменков

Технический редактор А. Т. Червинская

Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2017

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Содержание

1 Общие положения……..……..... 4
2 Практическое занятие № 1. Программирование линейной интерполяции ……..... 4
3 Практическое занятие № 2. Программирование круговой интерполяции ……..... 14
4 Практическое занятие № 3. Программирование перемещений в относительной системе координат …….. 18
5 Практическое занятие № 4. Программирование обработки валов..... 20
6 Практическое занятие № 5. Программирование обработки отверстий с использованием технологических циклов ……...…. 24
7 Практическое занятие № 6. Программирование токарной обработки с использованием технологических циклов ..……... 29
8 Практическое занятие № 7. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ……...… 34
Список литературы……. 38

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

1 Общие положения

Целью практических занятий является развитие навыков студентов в разработке и проектировании операций технологического процесса на основе использования станков с ЧПУ, а также управляющих программ к ним.

На каждом практическом занятии студент получает индивидуальное задание в виде чертежа детали для выполнения практической работы.

Все расчеты и эскизы выполняются в отдельной ученической тетради.

Отчет по каждому занятию должен включать следующие разделы:

- цель практической работы;
- исходные данные (в соответствии со своим вариантом);
- расчеты и их результаты, выполненные в последовательности и записанные в форме, определенной методическими указаниями;
- графическое отражение результатов работы;
- текст управляющей программы;
- выводы.

2 Практическое занятие № 1. Программирование линейной интерполяции

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO) в Sinumerik (Siemens).

2.1 Общие сведения о программировании

Последовательность перемещений инструмента, его смена, скорость вращения шпинделя при автоматической обработке детали на станке с ЧПУ задаются программной последовательностью действий, «понятной» ЭВМ. Любая программа состоит из последовательности кадров. Обычно каждый кадр занимает одну строку. Кадр включает в себя набор слов, каждое из которых состоит из адреса и цифрового значения (рисунок 1).

Программирование начинается с номера первого кадра (N1) и заканчивается командой «конец информации» или «конец программы», записываемой в виде отдельного кадра (M30) (см. рисунок 1).

Каждый кадр имеет начало, задаваемое по адресу N, и конец в виде слова ПС (не обязательно для различных систем ЧПУ). Порядок расположения остальных слов в кадре зависит от конкретной системы ЧПУ.

Перемещения инструмента по осям. Перемещения можно задавать в абсолютной (G90) и относительной (G91) системах координат. В абсолютной системе координаты точек траектории инструмента записываются от-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

носительно нуля детали. Каждая точка траектории является вершиной режущей части инструмента.

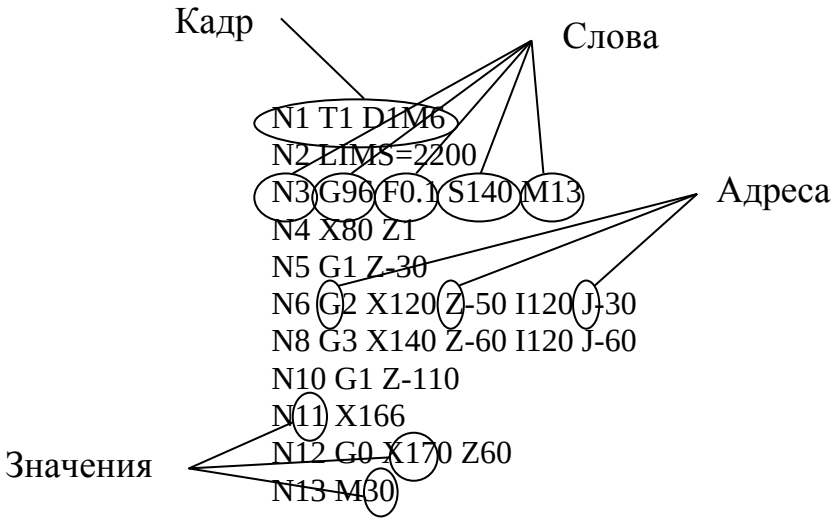


Рисунок 1 – Структура управляющей программы

Для того чтобы задать перемещение инструмента по этим осям, используются соответствующие адреса X, Y (по осям X, Y) и Z (по оси Z). Для задания движения на рабочей подаче применяется функция G01, а на ускоренном ходу – G00.

2.1.1 Назначение адресов (*Sinumerik*).

A, B, C – угол поворота вокруг осей X, Y, Z соответственно.

D – вторая функция инструмента (номер режущей кромки).

E – вторая функция подачи.

F – первая функция подачи.

G – подготовительная функция.

H – не определен (дополнительная функция).

I, J, K – параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно осям X, Y, Z соответственно.

L – не определен (вызов подпрограммы).

M – вспомогательная функция.

N – номер кадра.

O – не определен.

P, Q, R – третичная длина перемещения, параллельного осям X, Y, Z соответственно.

S – функция главного движения.

T – первая функция инструмента.

U, V, W – вторичная длина перемещения, параллельного осям X, Y, Z соответственно.

X, Y, Z – первичная длина перемещения, параллельного оси X.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

2.1.2 Начало и конец программы.

В первых кадрах обычно программируется информация о замене инструмента (T... D…), указываются режимы обработки (F… S…). В конце обработки необходимо установить оси в позиции, удобной для демонтажа детали. Затем следует остановить вращение шпинделя и охлаждающий поток и осуществить управление автоматической установкой («СБРОС») программы при помощи функции М30.

Можно вставить во внутрь программы сообщение, заключенное в кавычки и предназначенное для оператора станка. Это сообщение программируется трехбуквенным кодом следующим образом:

MSG (“Текст”)

N6 MSG (“Черновая обработка”)

Пример кодирования начала и конца программы:

MSG (“Текст”)

N3 G0 X26 Z1

N4 G1 X30 Z-1

N5 Z-22.4

N6 MSG (“Черновая обработка”)

2.1.3 Указание технологической информации.

Подача указывается с помощью функции F и может принимать значения от 0.01 до 99999.99. Характер подачи определяется с помощью следующих подготовительных функций: G94 – подача миллиметры или дюймы в минуту; G93 – определяет обратное время, т. е. отношение скорость подачи на расстояние; G95 – определяет скорость осей в миллиметрах на оборот.

Скорость резания определяется функцией S и программируется от 0.01 до 99999.99. Может выражать число оборотов в минуту шпинделя (G97) и скорость резания в метрах в минуту (G96).

Существует дополнительная переменная, действующая совместно с G96 – LIMS, которая позволяет определить предельную скорость шпинделя. Это является необходимым в случае, когда система выполняет контроль постоянства скорости резания (G96).

Формат: **LIMS = ВЕЛИЧИНА.**

ВЕЛИЧИНА – может быть константой или параметром такого же формата.

Пример:

LIMS = 200 – устанавливает максимальную скорость шпинделя 200 мин$^{-1}$;

LIMS = 1500 – устанавливает максимальную скорость шпинделя 1500 мин$^{-1}$.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

При обработке в режиме постоянства скорости резания (G96) необходимо всегда программировать LIMS до первого программирования функции G96 совместно с функцией S.

Пример:

G97 S1000 M3

...

G00 X70 Z0

LIMS = 2000; устанавливаем предельную частоту вращения шпинделя в 2000 мин$^{-1}$

G96 S120 M3; устанавливаем постоянную скорость резания в 120 м/мин, включаем вращение шпинделя по часовой стрелке

G1 X0 F0.6

X70 M5

2.1.4 Программирование линейных перемещений.

Координаты программируются в миллиметрах или дюймах от ±0,0001 до ±99999,9999, а угловые координаты – от ±0,0001 до ±99999,9999 град. Размерность перемещений (миллиметры или дюймы) выбирается посредством функций G71/G70.

Характер указания перемещений определяется функциями: G90 – абсолютное программирование, G91 – программирование по приращениям (программирование в относительной системе координат).

Вид перемещения указывается с помощью следующих подготовительных функций:

– G00 – быстрое позиционирование осей определяет линейный тип движения, скоординированный по всем осям, запрограммированным в кадре с быстрым ходом.

Формат кадра: **G00 [X…] [Z…]**

– G01 – линейная интерполяция определяет линейное одновременное движение, скоординированное по всем осям, которые запрограммированы в кадре, с заданной скоростью обработки.

Формат кадра: **G01 [X…] [Z…] [F…]**

2.1.5 Вспомогательные функции M.

Основными вспомогательными функциями являются:

– M00 – останов программы после выполнения операций, содержащихся в кадре. Останавливает вращение шпинделя и охлаждающий поток;

– M01 – условная остановка программы;

– M02 – конец программы без перемотки ленты на начало;

– M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

– M04 – вращение шпинделя против часовой стрелки;

– M05 – остановка шпинделя и подачи охлаждения;

– M06 – замена инструмента. Останавливает вращение шпинделя, подачу охлаждения;

– M07 – подача вспомогательного охлаждения;

– M08 – подача основного охлаждения;

– M09 – отключение охлаждения;

– M10 – реверс шпинделя;

– M11 – разжим детали;

– M12 – зажим детали;

– M13 – вращение шпинделя по часовой стрелке и подача охлаждения;

– M14 – вращение шпинделя против часовой стрелки и подача охлаждения;

– M17 – конец подпрограммы;

– M19 – остановка вращения шпинделя с угловой ориентацией;

– M30 – автоматический «СБРОС» в конце программы. При помощи функции M30 стирается вся информация, находящаяся в динамическом буфере системы. Подтверждаются автоматически: начальная точка «0» и возобновление выбранной программы. Корректировка инструмента в шпинделе не стирается;

– M40 – отмена диапазона вращения шпинделя;

– M41-M42-M43-M44 – активизирует диапазон вращения шпинделя 1-2-3-4;

– M45 – автоматическая смена диапазона вращения шпинделя;

– M60 – замена детали.

В каждом кадре можно программировать до четырёх функций **M**.

2.2 Подготовительный этап программирования

Подготовка всей необходимой геометрической и технологической информации для осуществления предусмотренного цикла обработки требует от программиста проведения подготовительной работы, которая состоит из следующих операций:

– определить на чертеже начальную точку осей (нуль детали), относительно которой должны быть измерены все перемещения. Этот выбор должен быть осуществлен в соответствии с фактическими размерами чертежа. Надо иметь в виду, что, если чертеж был выполнен с учетом одной точки, будет возможно выбрать нуль детали, совпадающий с этой точкой. В обратном случае выбирается точка, которая позволяет осуществить наиболее легкий переход от данного измерения к новому измерению. Условные обозначения типовых точек представлены на рисунке 2;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

– определить на чертеже детали точки отсчета и точки зажима самой детали;

– убедиться в том, что все операции, которые необходимо выполнить, находятся в пределах рабочего поля станка;

– составить список требуемых инструментов в строгой последовательности, необходимой для выполнения программы;

– определить технологические условия резания (скорость вращения шпинделя и скорость подачи) для каждого инструмента; вышеуказанные данные заносятся программистом в карточку инструмента.

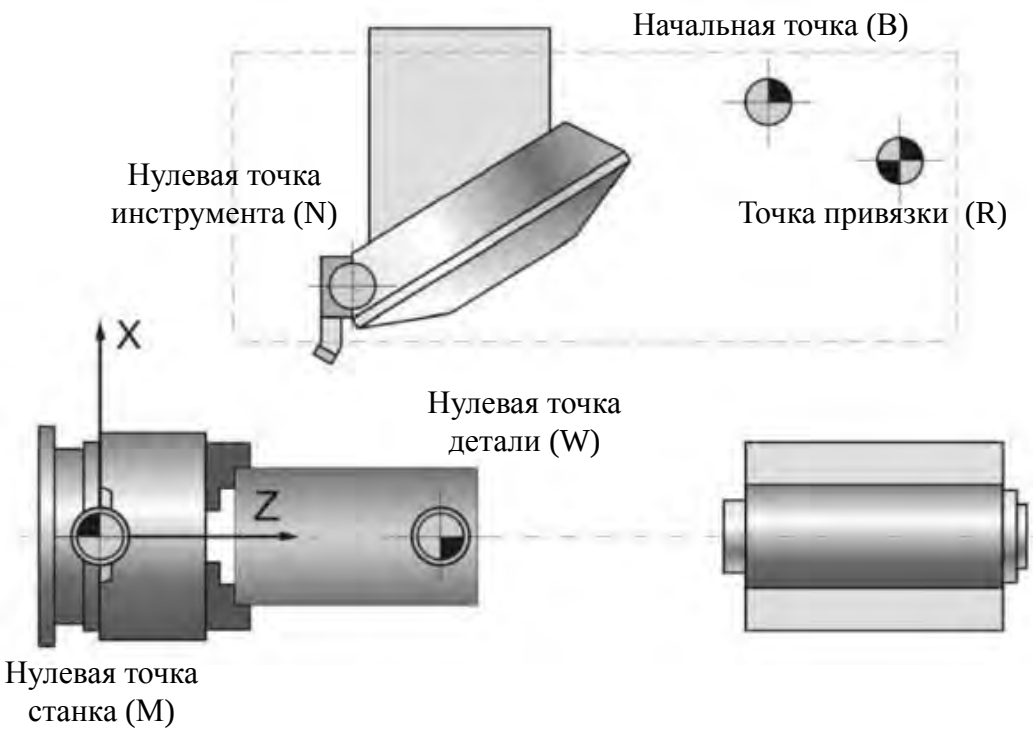


Рисунок 2 – Типовые точки системы координат станка и их условные обозначения на чертежах

2.3 Порядок разработки управляющей программы

Прежде чем приступить к написанию УП, необходимо проделать значительную предварительную работу, позволяющую в конечном счете получить в кратчайшие сроки эффективную УП.

На первом этапе устанавливаются параметры заготовки, которую предстоит обработать: качественное состояние поверхностей (предварительно обработанные, литейная корка и т. п.), свойства материала заготовки (вид материала, его твердость), геометрические характеристики (величина размеров, допуска). Затем устанавливаются параметры детали, требуемые после обработки (геометрические размеры с допусками, шероховатость поверхности, требования к форме и пространственному положению).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

После получения полного представления о том, что и из чего предстоит сделать, приступают ко второму этапу: определяют, как и чем это будет достигаться. Устанавливают технологию обработки: определяют состав переходов предстоящей обработки, устанавливают порядок выполнения переходов, выясняют тип применяемого режущего и вспомогательного инструмента, его геометрические и механические характеристики; определяют режимы резания (подачу, скорость резания). При выполнении данного этапа следует принимать во внимание, что режимы резания желательно определять не только для каждого инструмента, но и для каждой обрабатываемой элементарной поверхности. Учет этих требований позволит максимально использовать возможности станка и инструментов, что окупит затраты времени на проектирование.

На третьем этапе определяют траектории перемещений каждого инструмента – строят схемы движения инструментов, определяют координаты точек (устанавливают положение нуля детали, исходной точки, опорных точек) и порядок обхода их инструментом (рисунок 3).

2.4 Разработка схемы движения режущих инструментов

Разработка схемы движения начинается с определения положения нуля детали и исходной точки. За нуль детали можно принять любую точку, но, как правило, принимают точку, расположенную на правом торце детали с координатой X, равной 0 (для токарной обработки). Из нуля детали строятся оси системы координат и наносится их обозначение (см. рисунок 3). При выборе нуля детали нужно учитывать следующие рекомендации:

– нуль детали должен, по возможности, находиться на физической поверхности детали – сокращаются затраты времени на наладку;

– нуль детали должен совпадать с конструкторской базой – тем самым отпадает необходимость в пересчетах размерных цепей;

– нуль детали должен обеспечивать удобство программирования.

После выбора нуля детали выбирают положение исходной точки – точки, в которой находится инструмент перед началом обработки. Положение точки наносится на эскизе с обозначением координат (см. рисунок 3).

На схеме движения инструментов изображаются траектории движения режущих кромок инструментов, участвующих в обработке детали. Сплошными линиями указываются рабочие движения, а пунктирными – холостые. Последовательно расположенные опорные точки, в которых происходит изменение направления движения инструмента, обозначают арабскими цифрами. Цифра соответствует номеру точки. Направление движения указывается стрелкой (см. рисунок 3).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

№	X	Z
B	140	60
1	67,695	1
2	82	–46
3	104	–76
4	122	–76

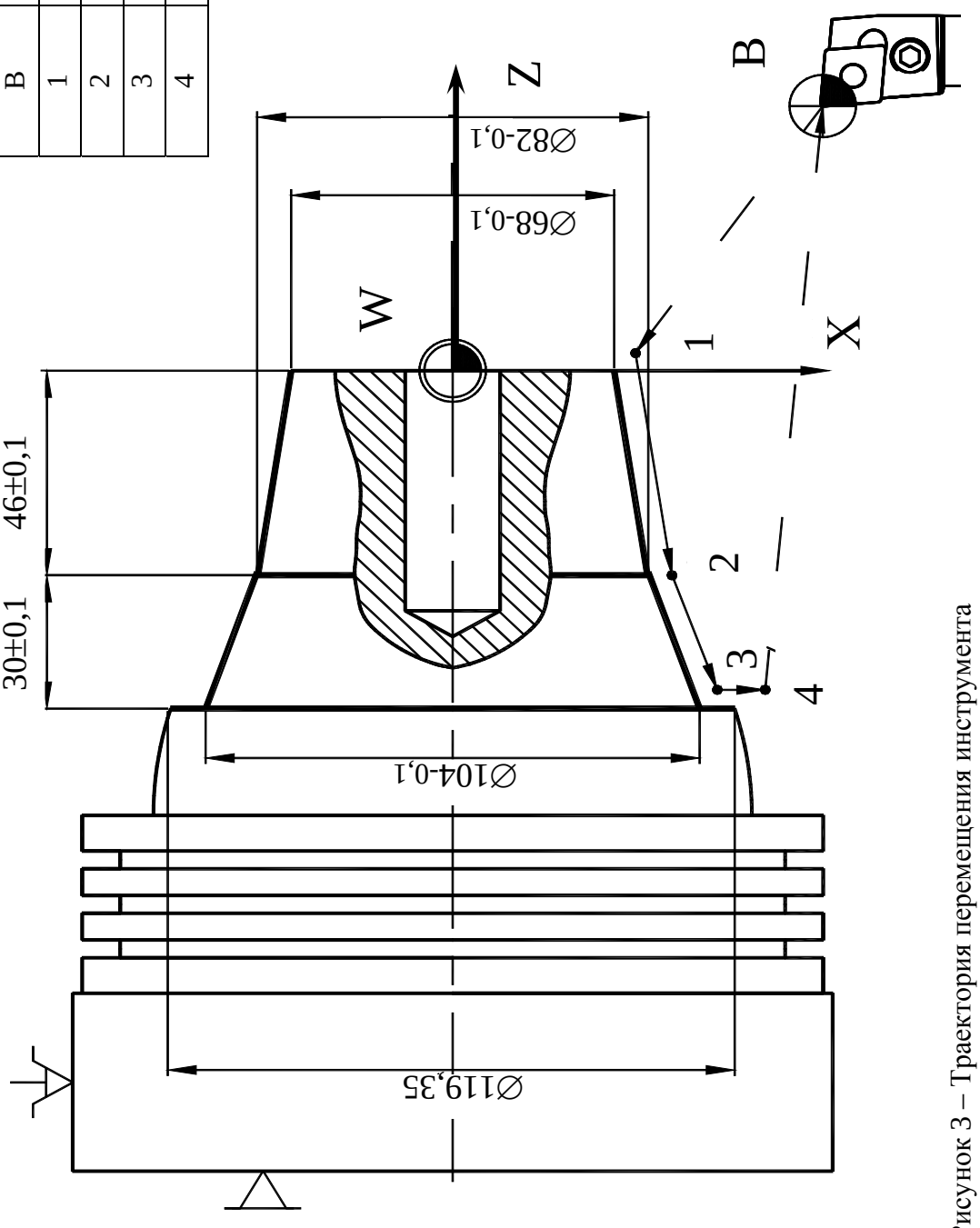


Рисунок 3 – Траектория перемещения инструмента

Если в обработке детали участвуют до трех инструментов при небольшом количестве опорных точек, то вычерчивается общая схема для всех инструментов. При большом числе инструментов и значительном количестве опорных точек следует вычерчивать схему движения для каждого инструмента отдельно. Проектирование схем движения инструментов должно завершиться вычерчиванием обрабатываемого контура детали и соответствующей ему траектории инструмента с нанесением осей координат детали и указанием координат ее базовых поверхностей, т. е. расстояния от нулевой точки детали до исходной точки программы. При построении траектории в обязательном порядке необходимо учитывать следующий момент: начинаться и заканчиваться движение инструмента с рабочей подачей должно на некотором расстоянии от заготовки (запас на врезание и перебег – обычно 0,5…2 мм).

На этом этапе устанавливают также необходимые вспомогательные команды на смену режущего инструмента, изменение числа оборотов шпинделя и подач, включение подачи смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону обработки и другие технологические команды.

Пример оформления программы токарной обработки:

N1 G90 G71 G95 G97 F0.5 S1000 T1 D1 M3 M8

…

N33 M30

или то же с учетом умолчаний и вспомогательной функции M13:

N1 G97 F0.5 S1000 T1 D1 M13

…

N33 M30

или с учетом того, что адреса можно писать через пробел, номера кадров можно опускать:

G97 F0.5 S1000 T1 D1 M13

…

M30

Пример фрагмента программы с линейной интерполяцией:

N05 G54 G0 G90 X40 Z200 S500 M3 ; инструмент движется ускоренным ходом, скорость шпинделя равна 500 об/ мин, правое вращение;

N10 G1 Z120 F0.15 ; линейная интерполяция со скоростью подачи 0,15 мм/ об. шпинделя;

N15 X45 Z105

N20 Z80

N25 G0 X100 ; свободный ход ускоренным ходом;

N30 M2 ; конец программы

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Порядок выполнения работы

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы на основе G-кодов.

2 Выполнить эскиз детали в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1– Варианты заданий (рисунок 4)

В миллиметрах

Вариант	D1	D2	D3	D4	D5	D6	L1	L2	L3	L4	L5	R1
1	100	90	70	50	40	80	10	10	16	24	5	20
2	120	100	76	52	48	90	12	16	18	26	9	24
3	110	100	72	54	46	84	14	14	20	28	8	22
4	150	130	100	56	44	110	16	20	22	30	10	40
5	140	120	80	58	42	100	18	28	24	32	12	25
6	130	110	74	60	40	90	20	18	26	34	10	15
7	128	122	88	62	48	100	22	16	28	18	9	14
8	144	130	96	64	46	110	24	30	30	40	15	20
9	90	84	60	50	44	70	26	12	32	50	6	10
10	160	130	90	66	42	110	28	26	34	30	13	18
11	158	140	106	68	40	120	30	22	18	32	11	24
12	98	92	70	52	46	80	32	12	20	34	6	14
13	104	88	70	54	44	60	34	8	22	36	4	14
14	124	112	80	70	42	90	36	20	24	38	10	10
15	114	100	74	60	40	90	40	18	20	42	9	12

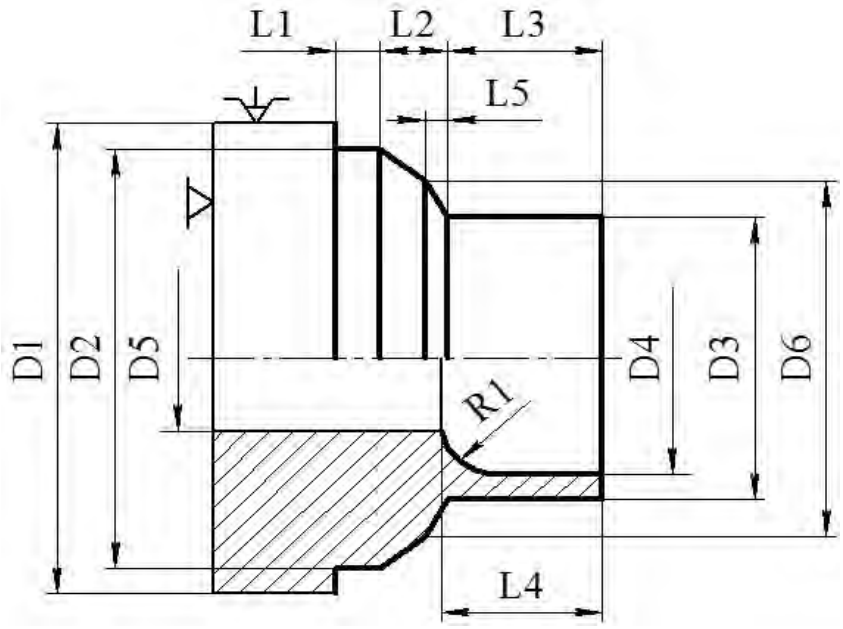


Рисунок 4 – Чертеж детали

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

3 Установить состав переходов при обработке детали (наружный контур для рисунка 4), определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

4 Определить способ установки заготовки, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений инструмента.

5 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

6 Определить режимы резания для каждого инструмента и необходимый диапазон вращения шпинделя.

7 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.

8 Выполнить ввод текста УП в стойку станка, установить и привязать инструмент, произвести пробную обработку детали.

9 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

3 Практическое занятие № 2. Программирование круговой интерполяции

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO) в УЧПУ Sinumerik (Siemens).

3.1 Программирование круговой интерполяции в декартовых координатах

Круговая интерполяция G02 (по часовой стрелке со стороны положительной полуоси), G03 (против часовой стрелки) – это движение является скоординированным и одновременным по всем осям, запрограммированным в кадре с заданной скоростью обработки. Адреса I, J и K выступают адресными словами, выражающими координаты центра окружности. Максимальная программируемая дуга – 360 град. Направление кругового движения (по часовой или против часовой стрелки) определяется, если глядеть на плоскость интерполяции со стороны положительной полуоси, перпендикулярной к плоскости.

Формат кадра: **G02 [X…] [Z…] [I…] [K…]**,
G03 [X…] [Z…] [I…] [K…],

где X – координата конечной точки перемещения по оси X;

Z – координата конечной точки перемещения по оси Z.

I – координата относительного центра дуги окружности (в приращениях) по оси X – расстояние от исходной точки перемещения до цен-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

тра окружности дуги по оси X (соотносится с радиусом заготовки).

K – координата относительного центра дуги окружности (в приращениях) по оси Z – расстояние от исходной точки перемещения до центра окружности дуги по оси Z.

Если в тексте кадра с функцией G03 не указано либо слово с адресом I, либо слово с адресом K, то это означает, что координата центра дуги окружности по соответствующей оси совпадает с исходной точкой перемещения.

Возможно программирование дуги менее 360 град через задание координат конечной точки и радиуса.

Формат кадра: **G02 [X…] [Z…] [R…]**,

где R – адресное слово, обозначающее радиус дуги окружности, цифровая часть которой может быть выражена в явной или неявной форме (параметр E). Знак «+» или «–» перед адресным словом R выбирает одно из двух возможных решений: «+» – для дуги до 179,999°; «–» – для дуги от 180 до 359,999°.

Описание необходимой окружности при круговой интерполяции может задаваться различными способами (рисунок 5).

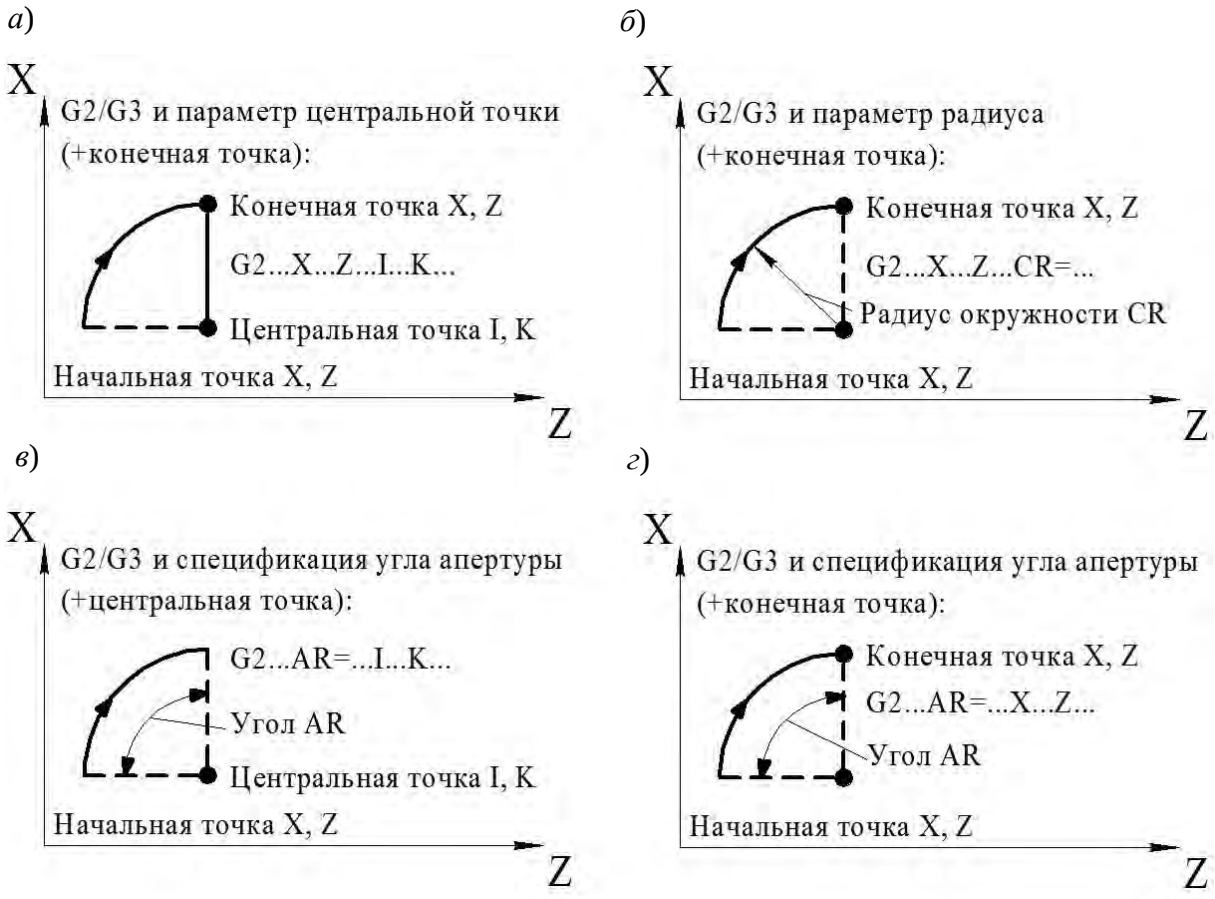


Рисунок 5 – Способы описания окружности при круговой интерполяции

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Примеры программирования:

G2/G3 X... Y... I... J... ; центр и конечная точка.
G2/G3 CR=... X... Y... ; радиус окружности и конечная точка.
G2/G3 AR=... I... J... ; апертурный угол и центр.
G2/G3 AR=... X... Y... ; апертурный угол и конечная точка.
G2/G3 AP=... RP=... ; полярные координаты, окружность вокруг полюса.

Фрагмент программы для рисунка 6:
N5 G90 Z30 X40 ; начальная точка окружности для N10
N10 G2 Z50 X40 K10 I-7 ; конечная точка и центр

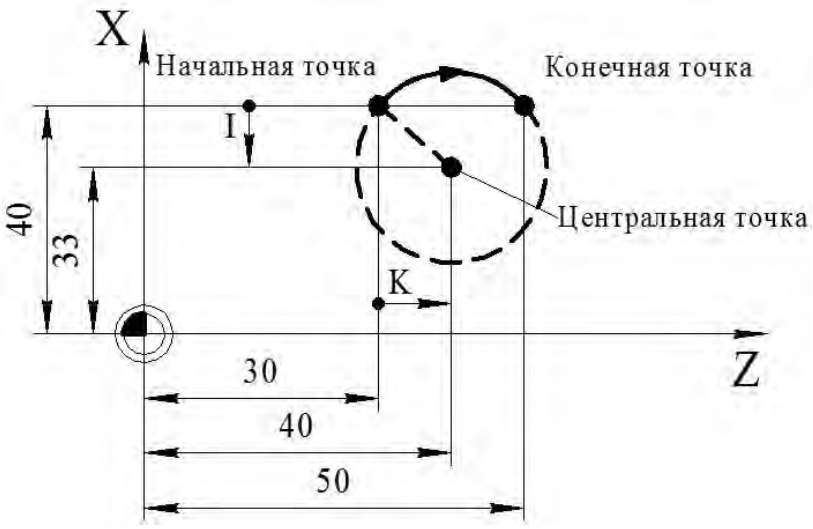


Рисунок 6 – Указание центра и конечной точки

Фрагмент программы для рисунка 7:
N5 G90 Z30 X40 ; начальная точка окружности для N10
N10 G2 Z50 X40 CR=12.207 ; конечная точка и радиус

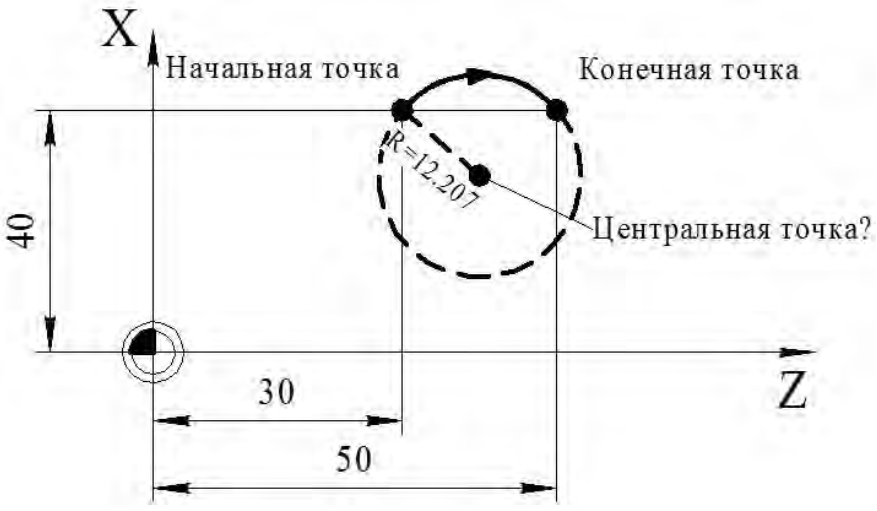


Рисунок 7 – Указание конечной точки и радиуса

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Фрагмент программы для рисунка 8:
N5 G90 Z30 X40 ; начальная точка окружности для N10
N10 G2 Z50 X40 AR=105 ; апертурный угол и конечная точка

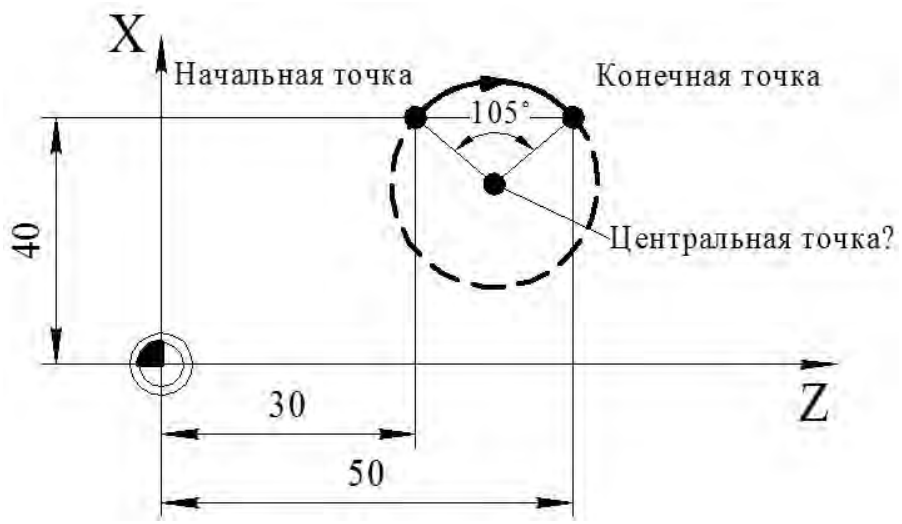


Рисунок 8 – Указание конечной точки и апертурного угла

Фрагмент программы для рисунка 9:
N5 G90 Z30 X40 ; начальная точка окружности для N10
N10 G2 K10 I-7 AR=105 ; апертурный угол и центр

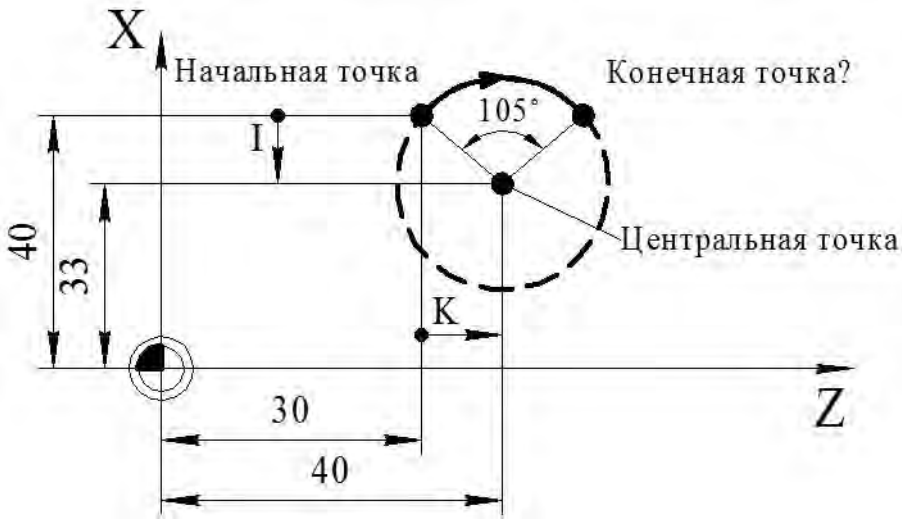


Рисунок 9 – Указание центра и апертурного угла

Порядок выполнения работы

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы на основе G-кодов.

2 Выполнить эскиз детали в соответствии с таблицей 1.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

3 Установить состав переходов при обработке детали (внутренний контур для рисунка 4), определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

4 Определить способ установки заготовки, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений инструмента.

5 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

6 Определить режимы резания для каждого инструмента и необходимый диапазон вращения шпинделя.

7 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.

8 Выполнить ввод текста УП в стойку станка, установить и привязать инструмент, произвести пробную обработку детали.

9 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

4 Практическое занятие № 3. Программирование перемещений в относительной системе координат

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO) в УЧПУ Sinumerik (Siemens).

4.1 Особенности программирования в относительной системе координат

При программировании траектории движения инструмента координаты опорных точек могут выражаться абсолютными размерами или размерами в приращениях (инкрементальными размерами).

В случае программирования в абсолютных размерах (функция **G90**) координаты каждой опорной точки задаются относительно нулевой точки детали (или относительно нулевой точки станка).

При программировании в инкрементальных размерах (функция **G91**) координаты каждой опорной точки задаются в виде приращений в направлении движения инструмента от одной опорной точки к другой. На рисунке 10 графически показаны способы задания координат опорных точек.

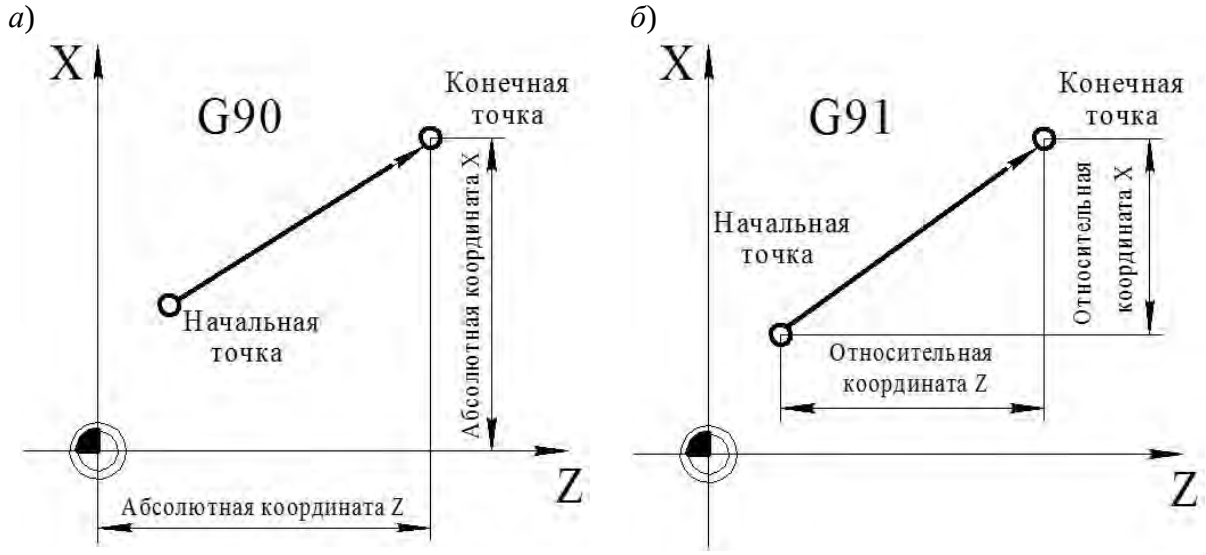
При программировании в относительной системе координат:

1) все размеры задаются как расстояния между двумя соседними точками контура детали;

2) при составлении управляющей программы для обработки на ЧПУ за нулевое положение каждый раз принимается предыдущая точка контура;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

3) траектории перемещения инструмента программируются в приращениях или в относительных координатах.



а – абсолютные размеры; *б* – размеры в приращениях (инкрементальные размеры)

Рисунок 10 – Способы задания координат опорных точек

Порядок выполнения работы

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы на основе G-кодов.

2 Выполнить эскиз детали в соответствии с таблицей 1.

3 Установить состав переходов при обработке детали, определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

4 Определить способ установки заготовки, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений инструмента.

5 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

6 Определить режимы резания для каждого инструмента и необходимый диапазон вращения шпинделя.

7 Разработать текст управляющей программы по обработке детали в относительной системе координат.

8 Выполнить ввод текста УП в стойку станка, установить и привязать инструмент, произвести пробную обработку детали.

9 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

5 Практическое занятие № 4. Программирование обработки валов

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки валов (заготовка – прутковый материал) на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO) в УЧПУ Sinumerik (Siemens).

5.1 Особенности разработки маршрута обработки валов на станках с ЧПУ

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ. Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом.

1 Процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений системы СПИД, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом нужно иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования.

2 В целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций).

3 При выборе последовательности операций стремиться к обеспечению полной обработки детали при минимальном числе ее установок.

4 Для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и выполнять на одинаковых установках либо подобрать другой станок с более емким магазином.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

5 При точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (больший диаметр), а затем зона малой жесткости.

5.2 Проектирование технологической операции на токарном станке с ЧПУ

Операция – часть технологического процесса, выполняемая на одном станке одним рабочим по обработке одной детали. Операция содержит одну или несколько установок. Установка – часть операции, выполняемая при одном закреплении детали.

На станке с ЧПУ основной структурной единицей операции считается переход. Переход содержит один или несколько проходов. Проход – часть перехода, связанная со снятием одного слоя металла. Переходы подразделяют на элементарные, инструментальные, позиционные и вспомогательные.

Элементарный переход – обработка одной элементарной поверхности одним инструментом. Режимы резания могут автоматически изменяться, например, при подрезке торцов.

Инструментальный переход – законченный процесс обработки нескольких поверхностей при непрерывном движении одного инструмента по заданной программе.

Вспомогательный переход – часть траектории инструмента, не связанная с образованием поверхности (траектория врезания, выход из зоны обработки, холостые перемещения).

Определение последовательности обработки начинается с уточнения количества установок, необходимых для полной обработки заготовки.

Задав требуемое количество и последовательность установок, определяют последовательность обработки для каждой установки по отдельным внутренним и наружным контурам. Для этого выделяют элементарные поверхности на детали, представляющие цилиндр, конус, канавку, поверхность, выполненную по дуге окружности, торцовую поверхность, фаски и т. д. Строят точки пересечения контуров этих поверхностей (опорные точки) и по ним идентифицируют элементарные и инструментальные переходы и проходы, для которых назначают вид обработки (черновая, чистовая) и требуемое количество и типоразмеры инструментов. При этом решается вопрос о возможности размещения всех инструментов в резцовом блоке. Если емкость инструментального блока недостаточна для размещения всех инструментов, то операцию либо разделяют на части, либо производят замену инструмента при запрограммированном останове станка.

Для проектирования последовательности технологических переходов в операции предложено разделить поверхности, ограничивающие деталь,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

на поверхности основных и дополнительных форм.

К основным формам относятся наружные, торцовые и внутренние цилиндрические, конические и криволинейные поверхности, а также выточки глубиной менее 1 мм; к дополнительным – канавки, проточки различной формы, резьбы и другие элементы.

Переходы при обработке деталей с закреплением в кулачковом самоцентрирующем патроне выполняют в следующей последовательности:

1) центрирование, если диаметр просверливаемого отверстия меньше 17…20 мм;

2) сверление;

3) подрезание торца;

4) черновая обработка основных форм поверхностей, обтачивание наружных поверхностей, растачивание внутренних поверхностей;

5) чистовая обработка внутренних и наружных основных поверхностей; обработка дополнительных форм поверхностей;

6) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхностей;

7) нарезание резьбы;

8) отрезка детали.

При обработке заготовок в центрах первые три перехода исключаются. При переустановке обработка детали с другой стороны осуществляется в уже рассмотренной последовательности.

На токарных станках с ЧПУ имеются свои особенности обработки отдельных поверхностей, Например, перед сверлением отверстия диаметром меньше 20 мм производится предварительное центрование сверлом большего диаметра. Таким образом, совмещаются переходы: центрование и снятие фаски в отверстии. При сверлении ступенчатых отверстий сначала сверлится большой, а затем меньший диаметр отверстия. Используя высокую жесткость станков с ЧПУ, сверление отверстий диаметром более 20 мм производят сразу сверлом соответствующего диаметра без предварительного рассверливания.

По направлению рабочей подачи переходы выполняют:

– параллельно оси X (рисунок 11, *б*);

– параллельно оси Z (рисунок 11, *а*);

– параллельно профилю обработки.

По структуре переходы подразделяются на:

– черновой;

– черновой с последующим получистовым.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

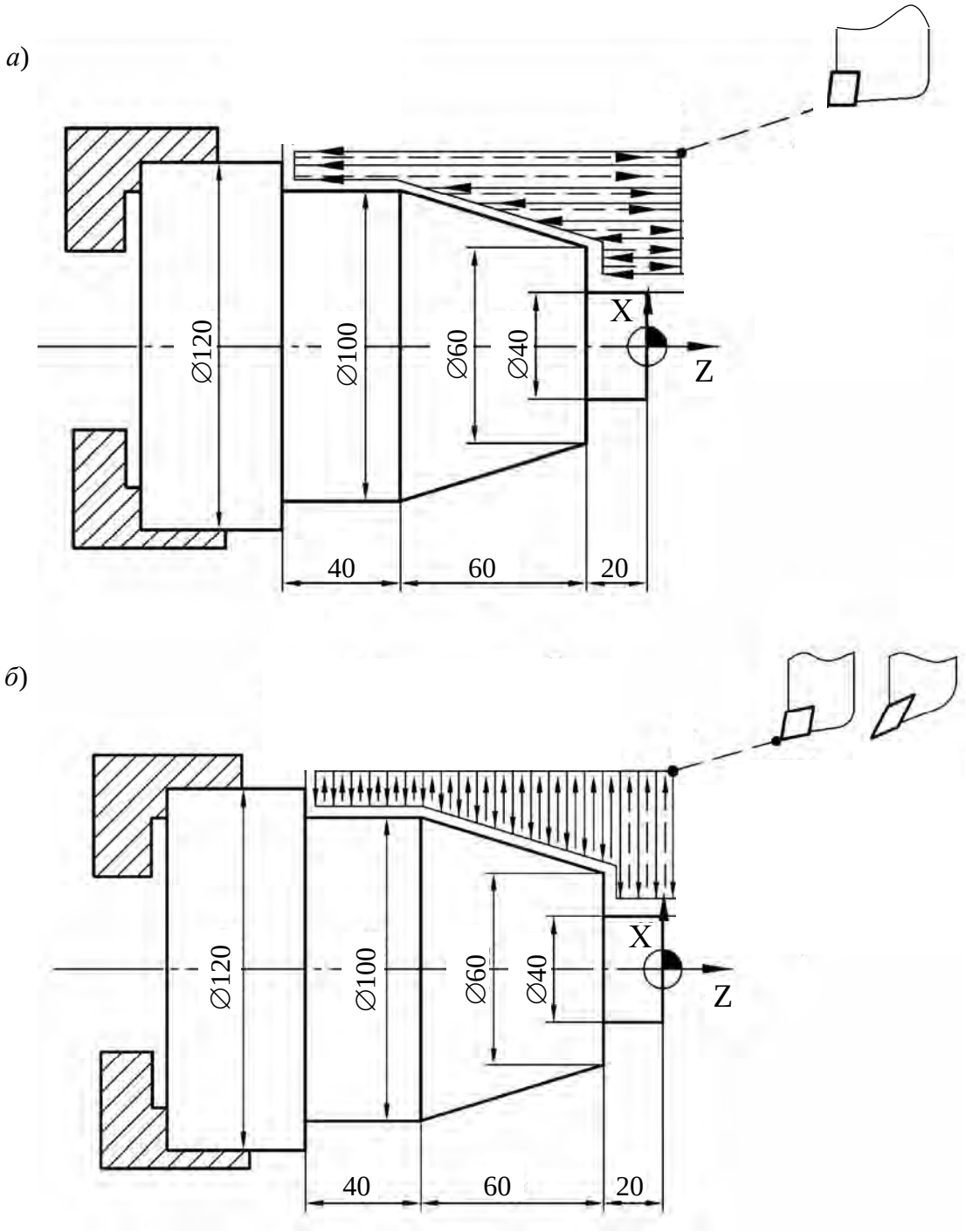


Рисунок 11 – Траектории перемещения резца при продольном точении (*а*), при поперечном точении (*б*)

Порядок выполнения работы

1 Получить у преподавателя чертеж вала.

2 Установить состав переходов при обработке вала, определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

3 Определить способ установки заготовки, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений инструмента.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

4 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

5 Определить режимы резания для каждого инструмента и необходимый диапазон вращения шпинделя.

6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали в абсолютной системе координат.

7 Выполнить ввод текста УП в стойку станка, установить и привязать инструмент, произвести пробную обработку детали.

8 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

6 Практическое занятие № 5. Программирование обработки отверстий с использованием технологических циклов

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки отверстий с использованием технологических циклов в УЧПУ Sinumerik (Siemens).

6.1 Постоянные циклы (*G80-G89*)

Функции постоянных циклов CYCLE81–CYCLE89 позволяют программировать ряд операций (сверление, нарезание резьбы метчиком, растачивание и т. д.) (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики постоянных циклов

Постоянный цикл	Подход	Функция на дне отверстия		Возврат
		Выдержка времени	Вращение шпинделя	
1	2	3	4	5
CYCLE81 – сверление, центрование	Рабочая подача	Нет	Рабочая скорость	Быстрый ход
CYCLE82 – сверление, зенкование	Рабочая подача	Да	Рабочая скорость	Быстрый ход
CYCLE83 – глубокое сверление	В прерывистой работе	Да	Рабочая скорость	Быстрый ход
CYCLE84 – нарезание резьбы без патрона	Рабочая подача, начало вращения шпинделя	Нет	Изменение направления	Рабочая подача
CYCLE85 – развертывание, рассверливание	Рабочая подача	Да	Рабочая скорость	Рабочая подача

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
CYCLE86 – растачивание, рассверливание	Рабочая подача, начало вращения шпинделя	Да	Останов	Быстрый ход
CYCLE89 – развертывание, рассверливание	Рабочая подача	Да	Рабочая скорость	Рабочая подача

Форматы кадров:

CYCLE81(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR);
CYCLE82(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB);
CYCLE83(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, FDEP, FDPR, DAM, DTB, DTS, FRF, VARI);
CYCLE84(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDAC, MPIT, PIT, POSS, SST, SST1);
CYCLE85(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, FFR, RFF);
CYCLE86(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDIR, RPA, RPO, RPAP, POSS);
CYCLE89 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB),

где **RTP** – плоскость отвода;

RFP – базовая плоскость;

SDIS – безопасное расстояние (вводится без знака);

DP – конечная глубина сверления;

DPR – конечная глубина сверления относительно базовой плоскости (вводится без знака);

DTB – время ожидания на глубине сверления в секундах;

FDEP – первая глубина сверления (абсолютная);

FDPR – первая глубина сверления относительно базовой плоскости (без знака);

DAM – значение дегрессии (без знака);

DTS – время ожидания в начальной точке и при удалении стружки;

FRF – коэффициент подачи для первой глубины сверления (вводится без знака: 0.001 – 1);

VARI – режим обработки: 0 – ломка стружки; 1 – удаление стружки;

SDAC – направление вращения после завершения цикла: 3, 4 или 5 (для М3, М4 или М5);

MPIT – шаг резьбы как размер резьбы (со знаком): 3 (для М3), 48 (для М48), «+» – правая; «–» – левая;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

PIT – шаг резьбы как значение (со знаком): 0.001…2000 мм;

POSS – позиция шпинделя для ориентированного останова шпинделя в цикле (в градусах);

SST – число оборотов для нарезания;

SST1 – число оборотов для отвода;

FFR – подача;

RFF – подача отвода;

SDIR – направление вращения: 3 (для M3), 4 (для M4);

RPA – путь отвода в первой оси плоскости (инкрементальный, вводится без знака);

RPO – путь отвода во второй оси плоскости (инкрементальный, вводится без знака);

RPAP – путь отвода в оси сверления (инкрементальный, вводится со знаком).

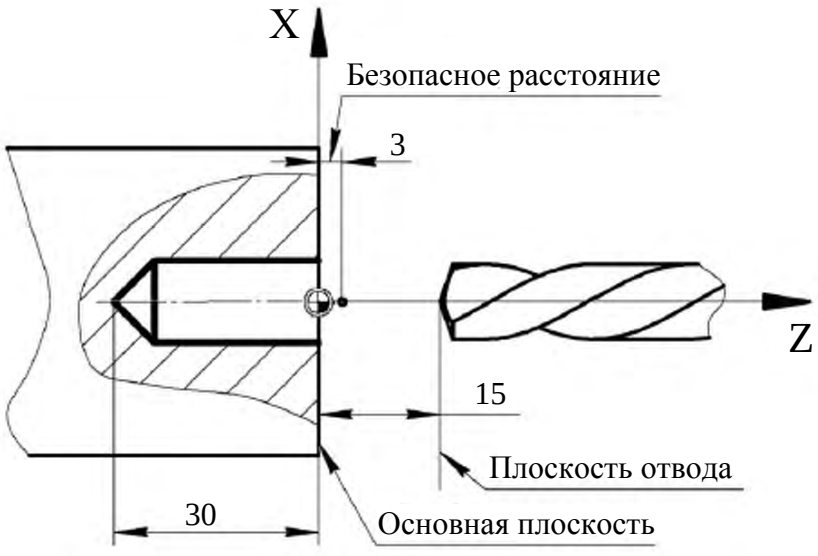


Рисунок 12 – Программирование цикла сверления

Пример программы для рисунка 12.

N05 G17 G54 G90 ; функция G17 означает, что интерполяция производится в плоскости, перпендикулярной оси сверла

N10 T5 D1

N15 G95 F0.12 S500 M3 ; определение технологических значений

N20 G0 X0 Z5 : подвод резца в исходную точку перед выполнением цикла

N25 CYCLE81 (15.0.3.-30): вызов цикла

N30 G0 XI00 Z25 : отвод инструмента

N35 G18

N40 M30

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

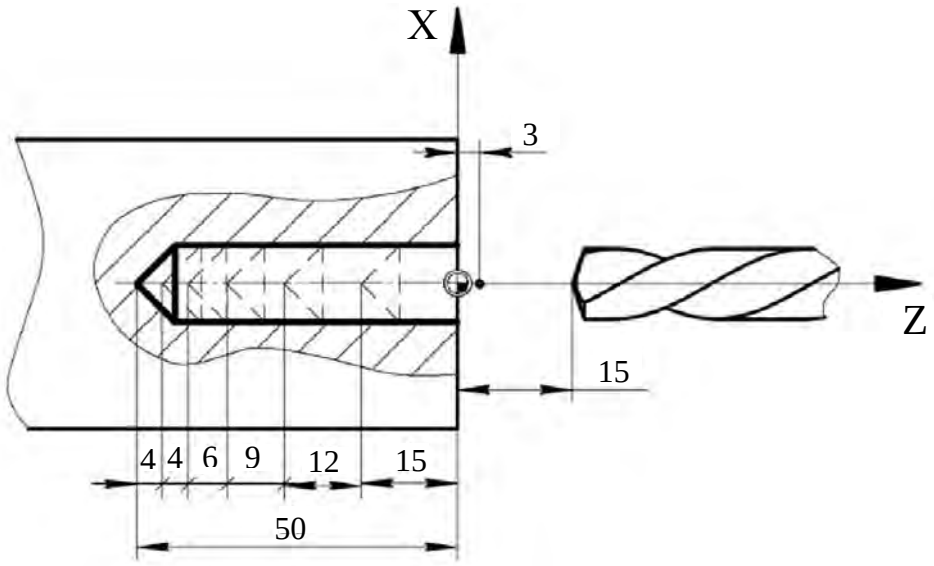


Рисунок 13 – Программирование цикла глубокого сверления

Пример программы для рисунка 13.

N05 G17 G54 G90 ; функция G17 означает, что интерполяция производится в плоскости, перпендикулярной оси сверла

N10 T5 D1

N15 G95 F0.12 S600 M3 ; определение технологических значений

N20 G0 X0 Z15 : подвод резца в исходную точку перед выполнением цикла

N25 CYCLE83 (15.0.3.-50. ,-15, ,3,, ,1,0,3,4,,) ; вызов цикла

N30 G0 X100 Z25 : отвод инструмента

N30 G18

N35 M30

Порядок выполнения работы

1 Изучить особенности программирования обработки отверстий.

2 Получить у преподавателя чертеж обрабатываемой детали (рисунок 14, таблица 3).

3 С учетом особенностей станков ЧПУ установить состав переходов при обработке детали, определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

4 Определить способ установки детали на станке, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений каждого инструмента.

5 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу.

6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали, заполнить карту кодирования информации.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

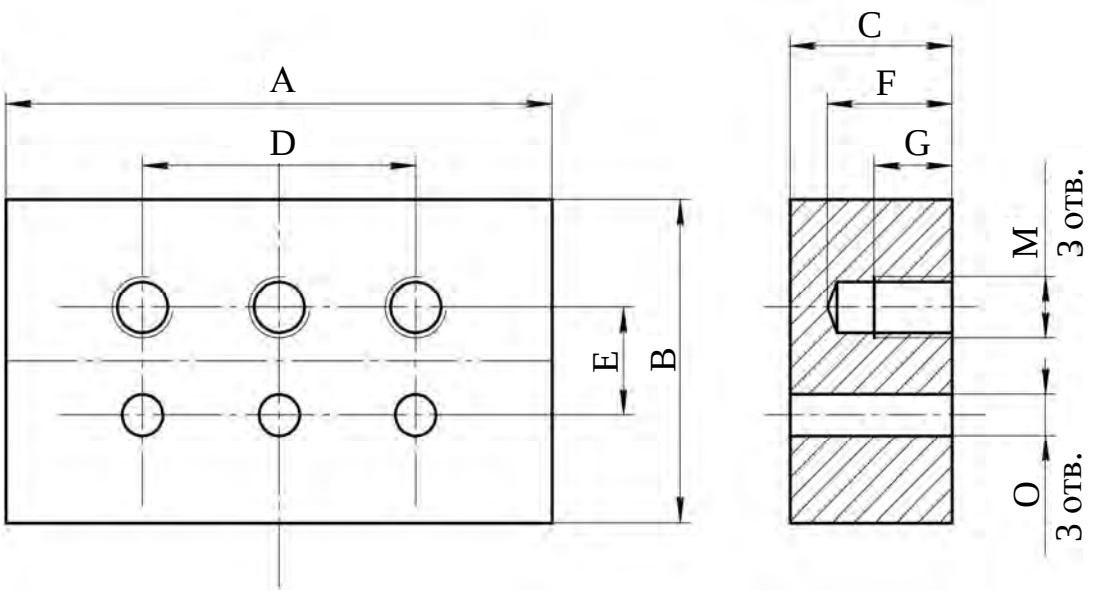


Рисунок 14 – Чертеж детали

Таблица 3 – Варианты заданий

Вариант	A	B	C	D	E	F	G	O	M
1	140	100	50	70	32	33	25	16	M18
2	120	100	56	60	32	37	28	18	M18
3	200	130	42	100	42	28	21	14	M18
4	200	120	54	100	40	36	27	14	M16
5	160	140	40	80	46	26	20	14	M12
6	140	80	54	70	26	36	27	12	M18
7	120	70	52	60	22	34	26	8	M10
8	120	100	48	60	32	32	24	18	M16
9	150	80	40	75	26	26	20	18	M16
10	130	80	52	65	26	34	26	14	M18
11	190	160	60	95	52	40	30	12	M12
12	180	120	52	90	40	34	26	18	M12
13	170	90	42	85	30	28	21	10	M12
14	100	80	58	50	26	38	29	8	M20
15	100	90	48	50	30	32	24	8	M10
16	200	140	42	100	46	28	21	8	M18
17	140	100	52	70	32	34	26	18	M16
18	120	70	56	60	22	37	28	12	M18
19	200	110	44	100	36	29	22	18	M18
20	150	130	54	75	42	36	27	10	M10
21	170	120	50	85	40	33	25	8	M12
22	140	110	42	70	36	28	21	10	M18
23	190	130	60	95	42	40	30	12	M14
24	190	130	52	95	42	34	26	10	M12
25	180	150	46	90	50	30	23	18	M12

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

7 Практическое занятие № 6. Программирование токарной обработки с использованием технологических циклов

Цель практической работы – приобретение навыков разработки управляющих программ обработки с использованием циклов в УЧПУ Sinumerik (Siemens) (в соответствии со стандартами ISO).

7.1 Цикл обработки резаньем с поднутрением

Формат записи:

CYCLE95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, _VRT),

где **NPP (имя)** – имя контура (рисунок 15);

MID – максимально возможная глубина резания для черновой обработки;

FALZ – чистовой припуск в продольной оси;

FALX – чистовой припуск в поперечной оси;

FAL – соответствующий контуру чистовой припуск;

FF1 – подача для черновой обработки;

FF2 – подача для врезания в элементы поднутрения;

FF3 – подача для чистовой обработки;

VARI – режим обработки;

DT – пауза для ломки стружки (в секундах);

DAM – длина пути, после которого черновой проход прерывается для ломки стружки;

_VRT – величина отвода инструмента при обратном ходе.

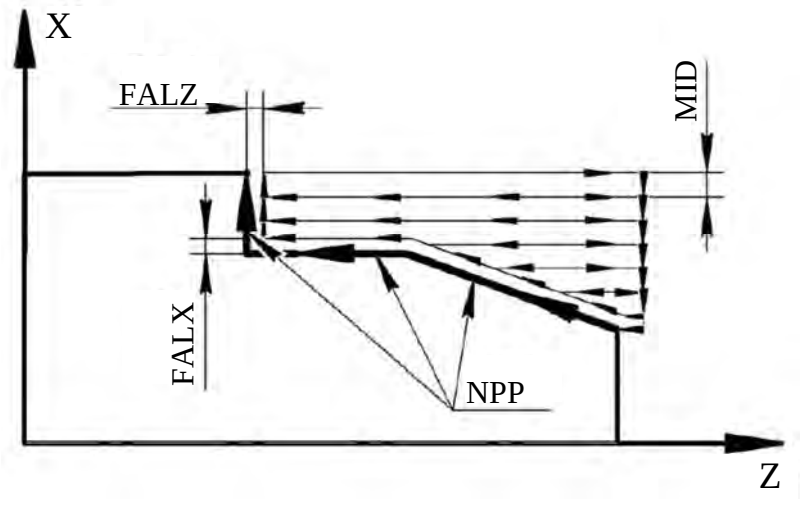


Рисунок 15 – Геометрические параметры цикла CYCLE95

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Контур должен содержать минимум три кадра. В кадрах контура допускается только G0, G1, G2 и G3. Первый кадр должен содержать G0, G1, G2 или G3 и необходимо указывать обе координаты.

7.2 Выточка

Цикл обеспечивает изготовление симметричных и ассиметричных выточек для продольной и поперечной обработки на любых прямых элементах контура. Могут изготовляться наружные и внутренние выточки.

Формат записи:

CYCLE93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI),

где **SPD** – начальная точка в поперечной оси (рисунок 16);
SPL – начальная точка в продольной оси;
WIDG – ширина выточки (вводится без знака);
DIAG – глубина выточки (вводится без знака);
STA1 – угол между контуром и продольной осью;
ANG1 – угол профиля 1: (вводится без знака);
ANG2 – угол профиля 2: на другой стороне;
RCO1 – радиус/фаска 1, снаружи;
RCO2 – радиус/фаска 2, снаружи;
RCI1 – радиус/фаска 1, внутри: на стороне стартовой точки;
RCI2 – радиус/фаска 2, внутри: радиусы вводятся с положительным, фаски – с отрицательным знаком;
FAL1 – чистовой припуск на основании выточки;
FAL2 – чистовой припуск на боковых сторонах;
IDEP – глубина подачи;
DTB – время ожидания на основании выточки должно составлять минимально один оборот шпинделя, программируется в секундах;
VARI – режим обработки (рисунок 17).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

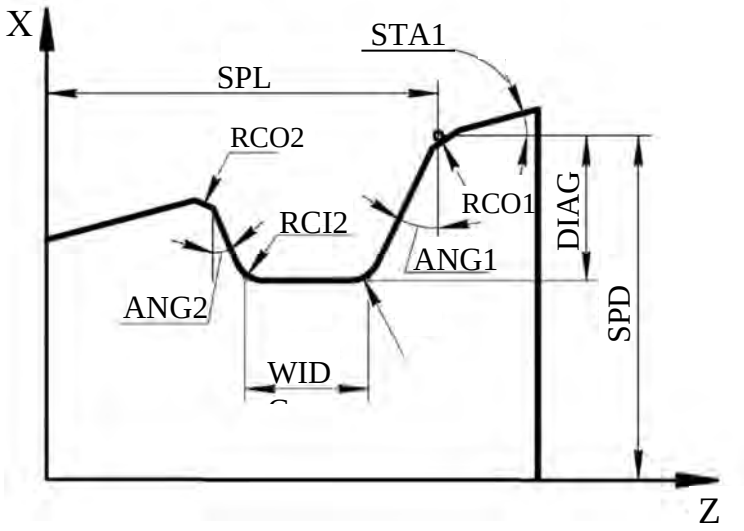


Рисунок 16 – Геометрические параметры цикла CYCLE93

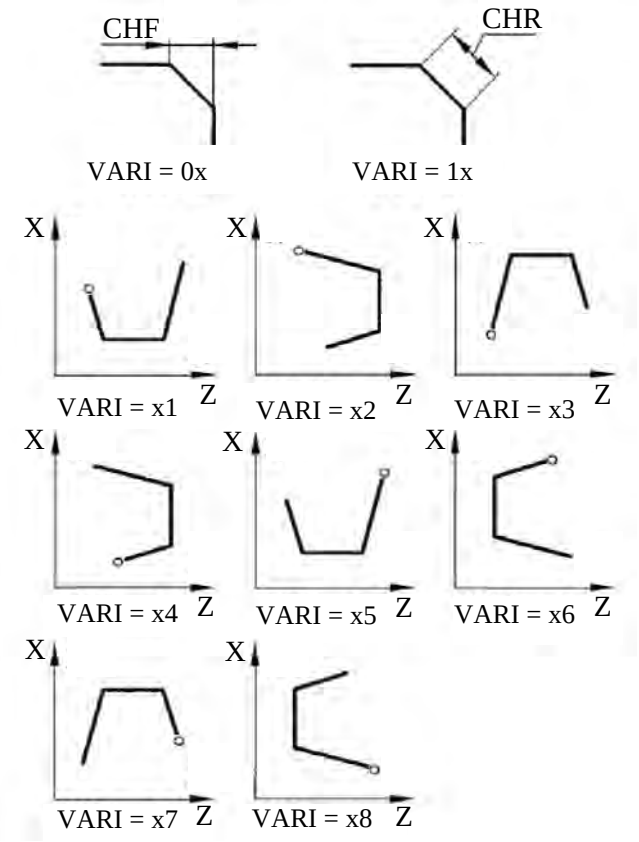


Рисунок 17 – Значения параметра VARI

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

7.3 Канавка под выход шлифовального круга

Формат записи:

CYCLE94 (SPD, SPL, FORM),

где **SPD** – начальная точка в поперечной оси (вводится без знака);
SPL – начальная точка коррекции в продольной оси (без знака);
FORM – определение формы (E – для формы E и F – для формы F) (см. рисунок 18).

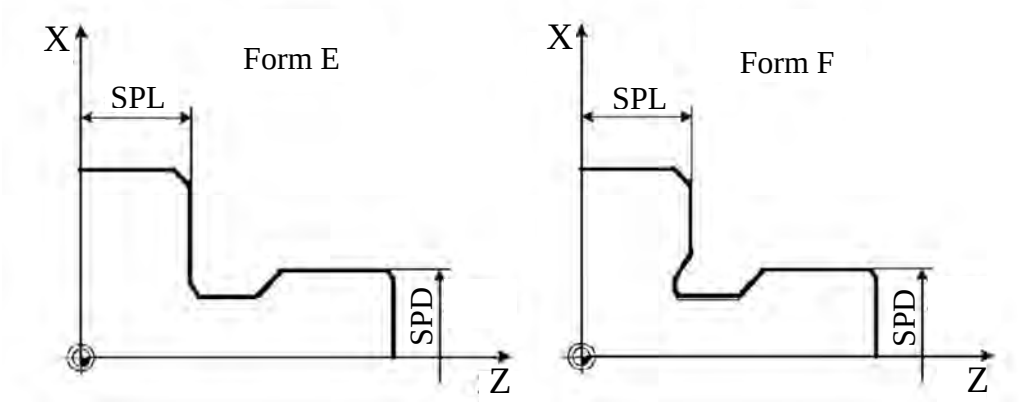


Рисунок 18 – Геометрические параметры цикла CYCLE94

7.4 Зарезьбовая канавка

Формат записи:

CYCLE96 (DIATH, SPL, FORM),

где **DIATH** – номинальный диаметр резьбы;
SPL – начальная точка коррекции в продольной оси;
FORM – определение формы (возможные значения: A, B, C, D).
По данному циклу будет выполнена канавка по DIN76 для деталей с метрической резьбой от М3 до М68.

7.5 Резьбонарезание

Формат записи:

CYCLE97 (PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NUMT, _VRT),

где **PIT** – шаг резьбы;
MPIT – шаг метрической резьбы (от М3 до М60);

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

DM1, **DM2** – диаметр резьбы в начальной и конечной точках резьбы. Если DM1 не равен DM2 – будет выполнена коническая резьба;

SPL – начальная точка (рисунок 19);

FPL – конечная точка;

APP – входной участок;

ROP – выходной участок;

TDEP – глубина резьбы (см. рисунок 19);

FAL – чистовой припуск;

NRC – количество черновых ходов резца;

NID – количество холостых ходов резца;

IANG – угол врезания. Для радиальной подачи – 0, «+» – подача всегда осуществляется на одной и той же боковой стороне, «–» – попеременно на каждой из боковых сторон – только для цилиндрической резьбы;

NSP – смещение стартовой точки. Угловое значение, определяющее исходную точку при врезании первого витка резьбы;

VARI – режим обработки (1 – резьба наружная, постоянная глубина, 2 – резьба внутренняя, постоянная глубина, 3 – резьба наружная, постоянное сечение, 4 – резьба внутренняя, постоянное сечение);

NUMT – число заходов резьбы;

_VRT – отскок инструмента. При _VRT = 0 путь отвода 1 мм.

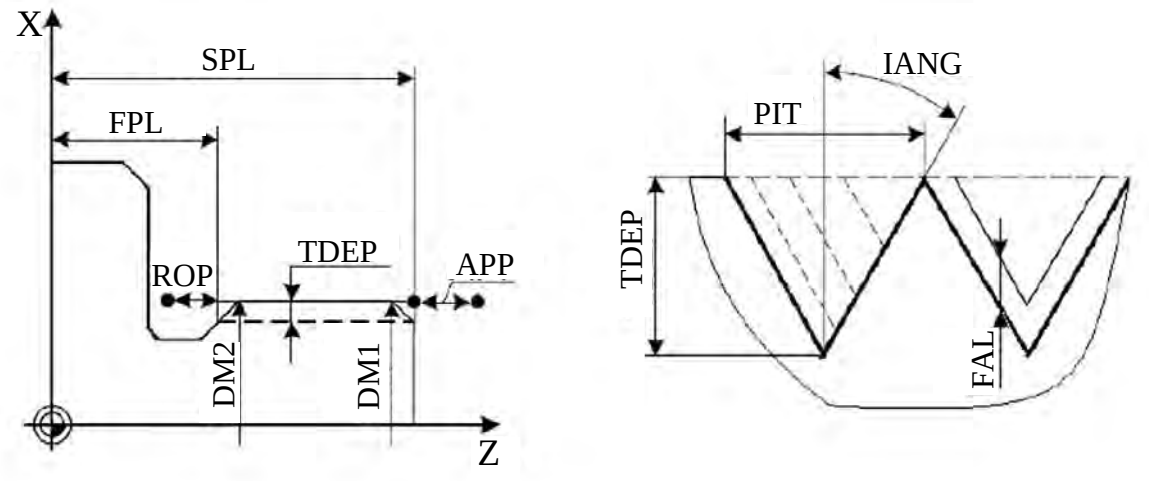


Рисунок 19 – Геометрические параметры цикла CYCLE97

Порядок выполнения работы

1 Получить у преподавателя чертеж детали.

2 Установить состав переходов при обработке детали, определить количественные и качественные параметры необходимого инструмента.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

3 Определить способ установки заготовки, установить нуль детали, положение исходной точки. Построить траектории перемещений инструмента.

4 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

5 Определить режимы резания для каждого инструмента и необходимый диапазон вращения шпинделя.

6 Разработать текст управляющей программы обработки детали с использованием циклов в абсолютной системе координат.

7 Выполнить ввод текста УП в стойку станка, установить и привязать инструмент, произвести пробную обработку детали.

8 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

8 Практическое занятие № 7. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ

Цель практической работы – приобретение навыков расчета норм времени для операций с ЧПУ.

8.1 Общие сведения о нормах времени на операцию механообработки

Норма штучно-калькуляционного времени рассчитывается по формуле

$$T_{шт\text{-}к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (1)$$

где $T_{шт}$ – штучное время на обработку, мин;

n – величина партии деталей, шт.

Штучное время

$$T_{шт} = (T_{о} + T_{мв} + T_{в} \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отд}}{100}\right), \quad (2)$$

где $T_{о}$ – основное (машинное) время, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время, мин;

$K_{тв}$ – поправочный коэффициент в зависимости от размера партии деталей;

$T_{в}$ – вспомогательное время, мин,

$$T_{в} = T_{в.у} + T_{в.оп} + T_{в.изм}, \quad (3)$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

где $T_{в.у}$ – установка детали, мин;

$T_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией, мин;

$T_{в.изм}$ – неперекрываемое время на измерения, мин.

Вспомогательное время, связанное с операцией, включает в себя затраты времени на выполнение следующих действий:

– включить и выключить лентопротяжный механизм;

– установить заданное положение инструмента и детали по координатам;

– открыть и закрыть крышку лентопротяжного механизма;

– перемотать, заправить ленту в считывающее устройство;

– проверить приход детали или инструмента в исходную точку;

– продвинуть перфоленту в исходное положение;

– установить щиток от забрызгивания эмульсией и снять;

$а_{тех}$ – затраты времени на техническое обслуживание рабочего места (в процентах от оперативного времени $T_{оп} = T_{о} + T_{в}$):

– смена инструмента вследствие затупления;

– регулировка и подналадка станка (изменение корректоров);

– сметание и периодическая уборка стружки в процессе работы, кроме очистки базовых поверхностей;

$а_{орг}$ – затраты времени на организационное обслуживание рабочего места (в процентах от оперативного времени):

– осмотр и апробирование оборудования в процессе работы;

– раскладка инструмента в начале и уборка в конце смены;

– смазка и чистка станка в течение смены;

– получение инструктажа от мастера, бригадира в течение смены;

– уборка станка и рабочего места в конце смены;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время,

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}, \quad (4)$$

где $T_{пз1}$ – норма времени на организационную подготовку:

– получение до начала и сдача после окончания обработки партии наряда, чертежа, технологической документации, программоносителя, режущего и измерительного инструмента, приспособлений, заготовок;

– ознакомление с работой, чертежом, технологической документацией, осмотр заготовки;

– инструктаж мастера;

$T_{пз2}$ – норма времени на наладку станка:

– установка и снятие приспособления;

– установка и снятие блоков или режущих инструментов;

– при наладке на станке включать время привязки каждого инструмента;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

– установка исходных режимов работы станка;

– установка программоносителя в считывающее устройство и его снятие;

– настройка нулевого положения;

$T_{пз3}$ – норма времени на пробную обработку.

Для вычисления суммарного времени выполнения рабочих и холостых ходов составляется таблица 4 (рисунок 20). При этом величины рабочих и холостых ходов рассчитываются как разности координат соответствующих опорных точек.

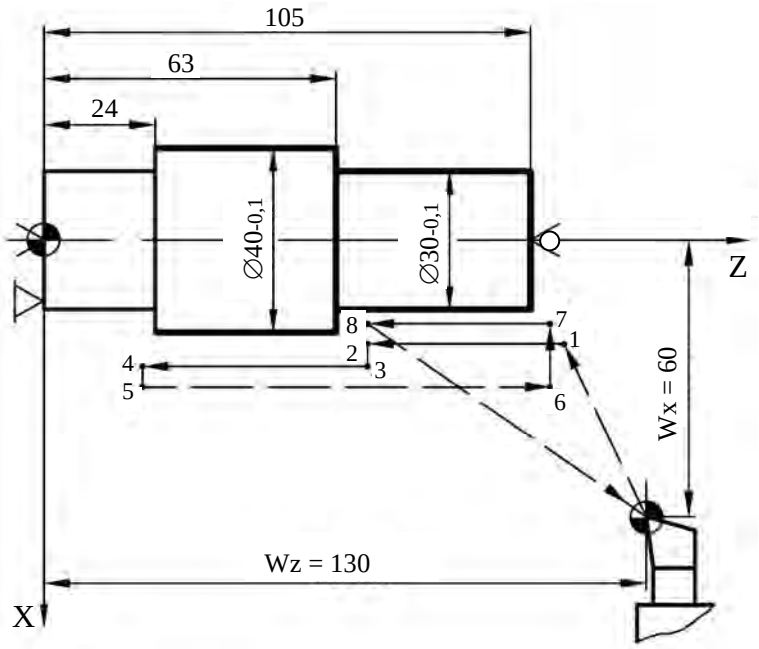


Рисунок 20 – Схема обработки вала

Таблица 4 – Время выполнения рабочих и холостых ходов при обработке вала

Точка начала и конца перемещения	Длина рабочего хода $L_{р.х.}$, мм	Минутная подача S_M, мм/мин	Длина холостого хода $L_{х.х.}$, мм	Скорость быстрого перемещения $V_{х.х.}$, мм/мин	Время, мин
0–1	–	–	48,7	5366	0,009
1–2	45	400	–	–	0,112
2–3	3,5	400	–	–	0,009
3–4	41	400	–	–	0,102
4–5	2	400	–	–	0,005
5–6	–	–	86	4800	0,018
6–7	–	–	6	2400	0,003
7–8	45	225	–	–	0,200
8–0	–	–	79	5366	0,015

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Время выполнения рабочих и холостых ходов определяется по формулам:

$$t_{р.х} = \sum \frac{L_{р.х.}}{S_j}; \qquad t_{х.х} = \sum \frac{L_{х.х.}}{V_{х.х.}}. \tag{5}$$

Время выполнения рабочих ходов

$$t_{р.х.} = 0{,}112 + 0{,}009 + 0{,}102 + 0{,}005 + 0{,}200 = 0{,}428 \text{ мин.}$$

Время выполнения холостых ходов

$$t_{х.х.} = 0{,}009 + 0{,}018 + 0{,}003 + 0{,}015 = 0{,}045 \text{ мин.}$$

Время выполнения всей операции

$$t_о = \sum^{n} t_{р.х.} + \sum^{n} t_{р.х.}, \tag{6}$$

где n – количество технологических переходов в операции.

Порядок выполнения работы

1 Для чертежа вала из практической работы № 4 выполнить схемы токарной обработки для двух установов.

2 Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу опорных точек.

3 Заполнить таблицу времен выполнения рабочих и холостых ходов при обработке вала. Рассчитать основное время выполнения токарной операции.

4 Провести нормирование токарной операции на основе использования нормативных данных для вспомогательного времени, времени обслуживания [5], рассчитать норму штучно-калькуляционного времени.

5 Составить отчет по практической работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Список литературы

1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ: учебное пособие для вузов / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 309 с. : ил.

2 Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск : БГТУ, 2010. – 212 с.

3 **Кузнецов, Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 512 с. : ил.

4 Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ. Производственное оборудование и основы программирования операций: учебное пособие / А. Б. Чуваков. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2011. – 149 с.

5 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч. 1. Нормативы времени. – Москва : Экономика, 1990. – 206 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/