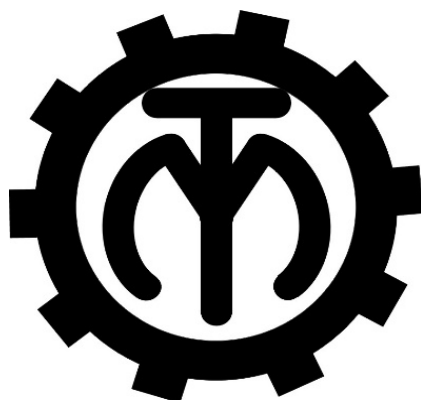


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.9.06
ББК 34.63
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «23» марта 2023 г.,
протокол № 12

Составители: канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;
Е. Ю. Демиденко

Рецензент А. Е. Науменко

Изложены методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Технология обработки на станках с ЧПУ», а также теоретические положения в области программирования обработки деталей на металлорежущих станках.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

1 Практическое занятие № 1. Программирование перемещений. Линейная интерполяция.....	4
2 Практическое занятие № 2. Программирование перемещений. Круговая интерполяция.....	10
3 Практическое занятие № 3. Программирование перемещений. Относительная система координат.....	15
4 Практическое занятие № 4. Программирование обработки валов.....	16
5 Практическое занятие № 5. Программирование обработки дисков.....	18
6 Практическое занятие № 6. Программирование токарной обработки с использованием технологических циклов.....	20
7 Практическое занятие № 7. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ.....	25
8 Практическое занятие № 8. Программирование токарной обработки. Язык GTL.....	29
9 Практическое занятие № 9. Использование трансформации систем координат.....	36
10 Практическое занятие № 10. Программирование с использованием переменных и подпрограмм.....	39
11 Практическое занятие № 11. Программирование токарной многоцелевой обработки.....	44
12 Практическое занятие № 12. Программирование контроля.....	46
Список литературы.....	48

1 Практическое занятие № 1. Программирование перемещений. Линейная интерполяция

Цель занятия: приобретение практических навыков разработки управляющих программ токарной обработки на основе программирования линейных перемещений.

1.1 Общие сведения

Система координат станка (MCS).

Положение системы координат относительно станка зависит от типа станка. Возможен поворот в различные положения. Направления осей следуют из «правила правой руки». Если встать перед станком, то средний палец правой руки направлен против направления подачи главного шпинделя. Нулевой точкой этой системы координат является нулевая точка станка. Эта точка является лишь исходной точкой, устанавливаемой изготовителем станка. Подвод к ней должен быть невозможен. Область перемещения осей станка может лежать в отрицательном диапазоне.

На рисунке 1.1 приведен пример системы координат токарного станка.

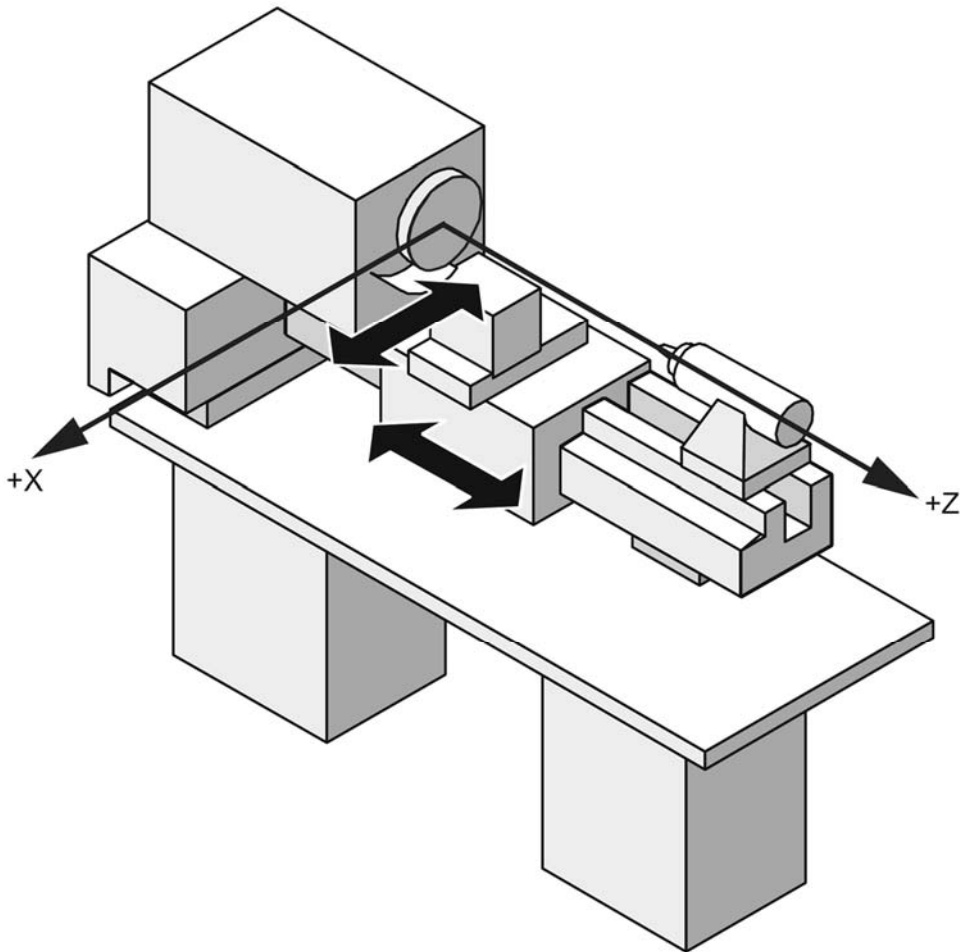


Рисунок 1.1 – Система координат токарного станка (MCS)

Система координат детали (WCS).

Для описания геометрии детали в программе обработки также используется правовращающаяся и прямоугольная система координат. Нулевая точка детали может свободно выбираться программистом в оси Z. В оси X она лежит в центре вращения. На рисунке 1.2 показан пример системы координат детали.

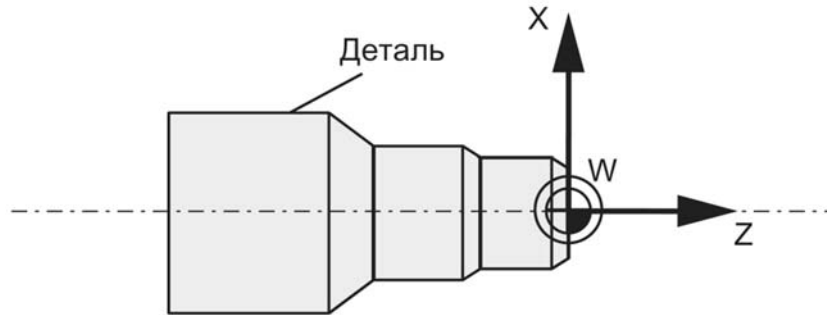


Рисунок 1.2 – Система координат детали (WCS)

Относительная система координат (REL).

СЧПУ, наряду с системой координат станка и детали, предлагает относительную систему координат. Эта система координат служит для установки свободно выбираемых исходных точек, не имеющих влияния на активную систему координат детали. Все движения осей индицируются относительно этих исходных точек.

Зажим детали.

Для обработки деталь (заготовка) зажимается на станке. При этом деталь должна быть точно установлена таким образом, чтобы оси системы координат детали лежали параллельно осям станка. Получаемое смещение нулевой точки станка относительно нулевой точки детали определяется в оси Z и вносится в устанавливаемое смещение нулевой точки. В программе ЧПУ это смещение при выполнении программы активируется, к примеру, посредством запрограммированной команды G54.

На рисунке 1.3 показан пример зажима детали на станке.

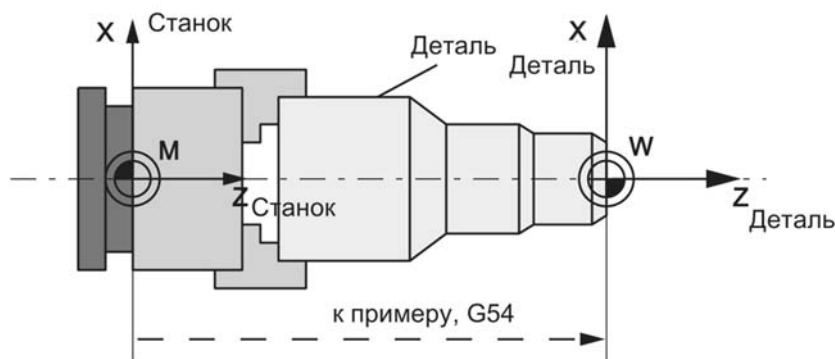


Рисунок 1.3 – Смещение нулевой точки при зажиме детали на станке

1.2 Программирование перемещений

Структура слова и адрес.

Слово представляет собой элемент кадра, который, главным образом, определяет команду управления. Слово состоит из следующих двух частей:

- 1) символ адреса: обычно это буква;
- 2) числовое значение: включает последовательность цифр, к которым для определенных адресов может добавляться знак, а также точка для разделения десятичных разрядов. Положительный знак (+) может не ставиться. Слово может содержать символы нескольких адресов. В этом случае числовое значение следует назначать через промежуточный символ «=». Пример: CR=5.23. Кроме того, можно также вызывать G-функции с помощью символического имени. Пример: SCALE – ввод коэффициента масштабирования.

1.3 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 (ноль детали), относительно которой должны быть измерены все перемещения. Этот выбор должен быть осуществлен в соответствии с фактическими размерами чертежа.
- 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.

1.4 Порядок разработки управляющей программы

Прежде чем приступить к написанию управляющей программы (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).

После получения полного представления о том, что и из чего предстоит сделать, приступают ко второму этапу: устанавливают, 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 учесть, 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.

1.5 Порядок выполнения практического занятия

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке УП.

2 Выполнить эскиз детали в соответствии с таблицами 1.1 и 1.2 и рисунком 1.4.

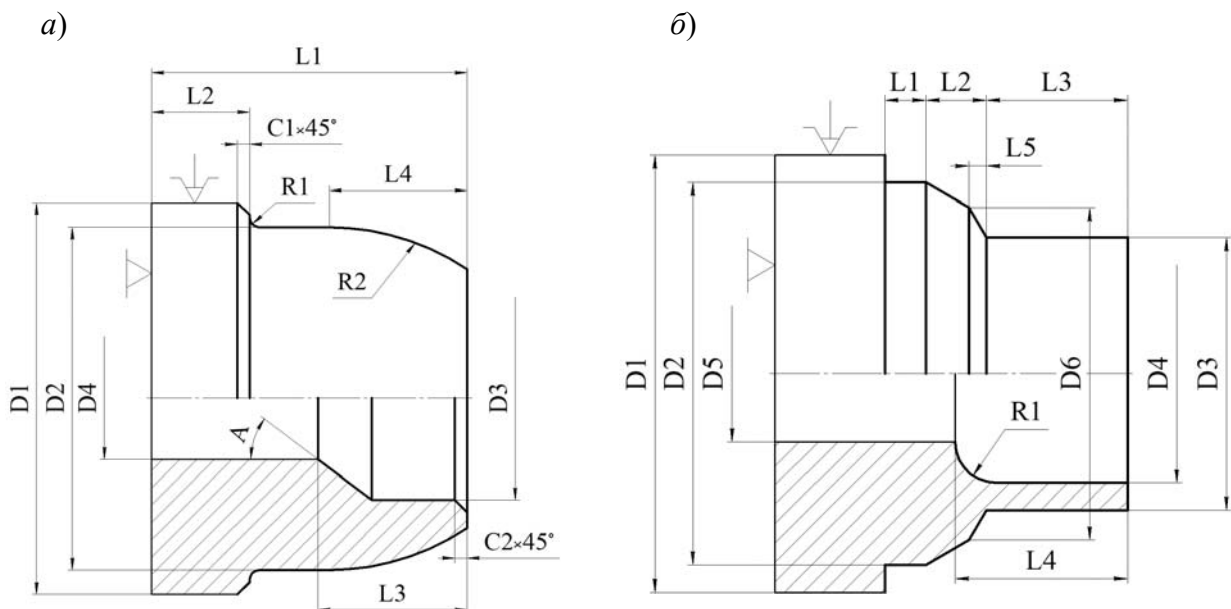


Рисунок 1.4 – Эскиз детали

Таблица 1.1 – Варианты заданий к рисунку 1.4, а

В миллиметрах

Вариант	D1	D2	D3	D4	L1	L2	L3	L4	C1	C2	R1	R2	A
1	152	140	90	40	70	10	16	20	3	10	2	70	45
2	126	100	50	20	88	16	18	18	2	8	5	88	60
3	124	104	54	22	60	14	20	20	4	6	3	60	50
4	132	112	52	28	90	20	22	22	5	3	4	90	45
5	138	108	58	22	120	28	24	5	3	9	8	20	60
6	112	90	40	20	100	18	26	8	2	7	6	30	50
7	142	110	72	48	110	16	28	10	4	5	5	40	45
8	120	98	60	30	92	30	30	15	5	10	4	52	60
9	110	90	60	28	86	12	32	12	3	8	4	66	50
10	150	120	76	42	74	26	34	10	2	4	10	44	45
11	140	112	60	40	80	22	18	5	4	3	7	20	60
12	130	106	52	22	108	12	20	15	5	9	4	58	50
13	128	104	54	26	112	8	22	10	3	7	6	72	45
14	144	108	70	42	104	20	24	10	2	5	12	64	60
15	120	88	60	40	96	18	20	10	4	6	8	46	50

Таблица 1.2 – Варианты заданий к рисунку 1.4, б

В миллиметрах

Вариант	D1	D2	D3	D4	D5	D6	L1	L2	L3	L4	L5	R1
16	100	90	70	50	40	80	10	10	16	24	5	20
17	120	100	76	52	48	90	12	16	18	26	9	24
18	110	100	72	54	46	84	14	14	20	28	8	22
19	150	130	100	56	44	110	16	20	22	30	10	40
20	140	120	80	58	42	100	18	28	24	32	12	25
21	130	110	74	60	40	90	20	18	26	34	10	15
22	128	122	88	62	48	100	22	16	28	18	9	14
23	144	130	96	64	46	110	24	30	30	40	15	20
24	90	84	60	50	44	70	26	12	32	50	6	10
25	160	130	90	66	42	110	28	26	34	30	13	18
26	158	140	106	68	40	120	30	22	18	32	11	24
27	98	92	70	52	46	80	32	12	20	34	6	14
28	104	88	70	54	44	60	34	8	22	36	4	14
29	124	112	80	70	42	90	36	20	24	38	10	10
30	114	100	74	60	40	90	40	18	20	42	9	12

3 Установить состав переходов при обработке детали (внутренний контур для рисунка 1.4, а и наружный контур для рисунка 1.4, б).

4 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.

5 Определить режимы резания для каждого инструмента.

6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.

7 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

1.6 Типовое содержание отчета по практическому занятию

1 Наименование практического занятия.

2 Цель практического занятия.

3 Эскиз операционный.

4 Текст управляющей программы.

5 Ответы на контрольные вопросы.

6 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Какая подготовительная функция задает линейную интерполяцию?

2 Поясните термин «интерполяция».

3 Перечислите основные элементы расчетно-технологической карты.

2 Практическое занятие № 2. Программирование перемещений. Круговая интерполяция

Цель занятия: приобретение практических навыков разработки управляющих программ токарной обработки на основе программирования круговых перемещений.

2.1 Программирование круговой интерполяции в декартовых координатах

Круговая интерполяция G2 (по часовой стрелке со стороны положительной полуоси) и G3 (против часовой стрелки) – это движение является скоординированным и одновременным по всем осям, запрограммированным в кадре с заданной скоростью обработки. Адреса I, J и K являются адресными словами, выражающими координаты центра окружности. Максимальная программируемая дуга – 360 град. Направление кругового движения (по часовой или против часовой стрелки) определяется, если смотреть на плоскость интерполяции со стороны положительной полуоси, перпендикулярной к плоскости (рисунок 2.1).

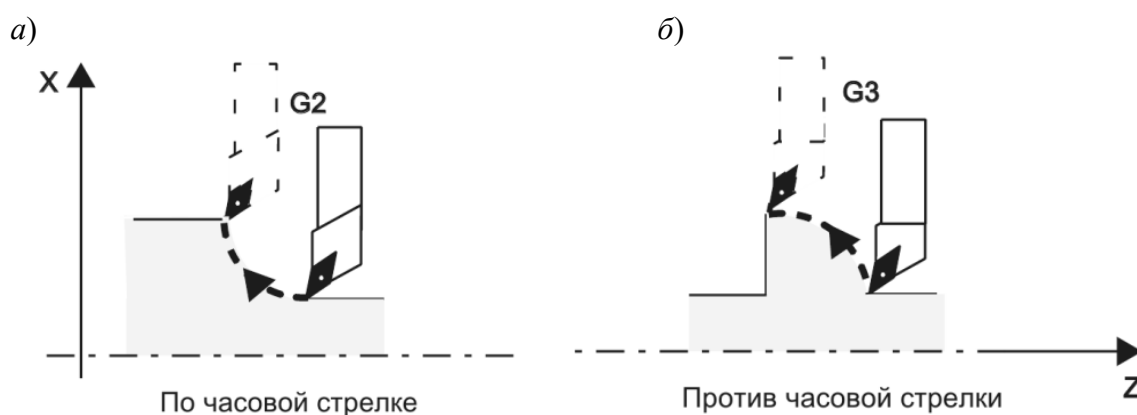


Рисунок 2.1 – Определение направления перемещения

Указание центра и конечной точки (рисунок 2.2).

Формат кадра: G2/G3 X... Z... I... K...,

где X – координата конечной точки перемещения по оси X;

Z – координата конечной точки перемещения по оси Z;

I – расстояние от исходной точки до центра окружности дуги по оси X;

K – расстояние от исходной точки до центра окружности дуги по оси Z.

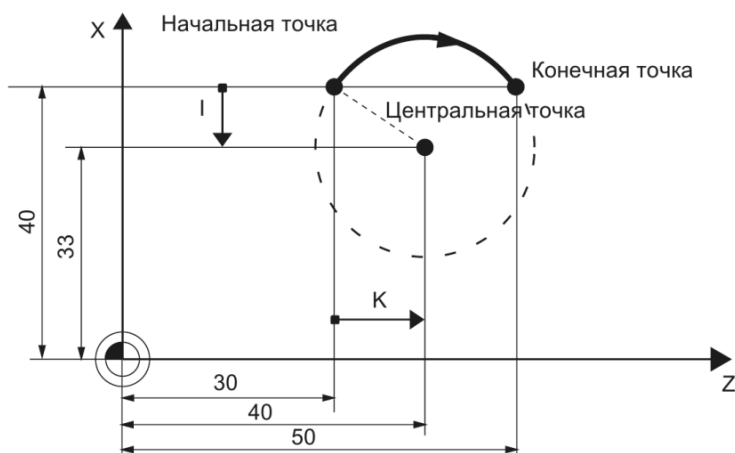


Рисунок 2.2 – Указание центра и конечной точки

Пример к рисунку 2.2:

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10
N10 G2 Z50 X40 K10 I-7 ; Конечная точка и центр

Указание конечной точки и радиуса (рисунок 2.3).

Формат кадра: G2/G3 X... Z... CR....



Рисунок 2.3 – Указание конечной точки и радиуса

Пример к рисунку 2.3:

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10
N10 G2 Z50 X40 CR=12.207 ; Конечная точка и радиус

Указание конечной точки и апертурного угла (рисунок 2.4).

Формат кадра: G2/G3 X... Z... AR...,

где AR – адресное слово, выражающее апертурный угол дуги окружности.

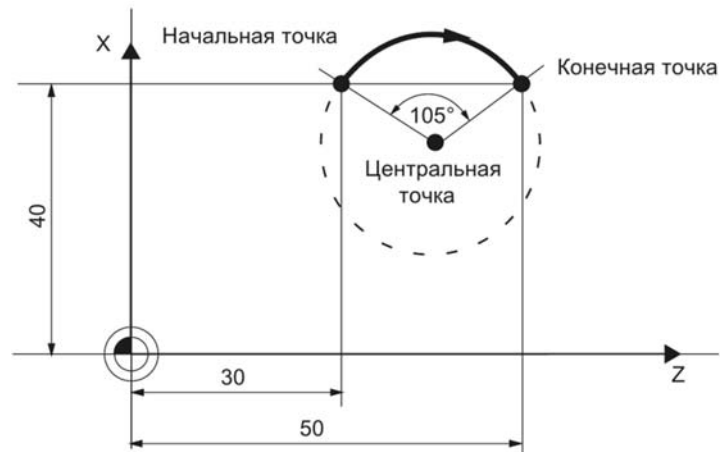


Рисунок 2.4 – Указание конечной точки и апертурного угла

Пример к рисунку 2.4:

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10

N10 G2 Z50 X40 AR=105 ; Апертурный угол и конечная точка

Указание центра и апертурного угла (рисунок 2.5).

Формат кадра: G2/G3 I... K... AR....

Значения центра относятся к начальной точки окружности.

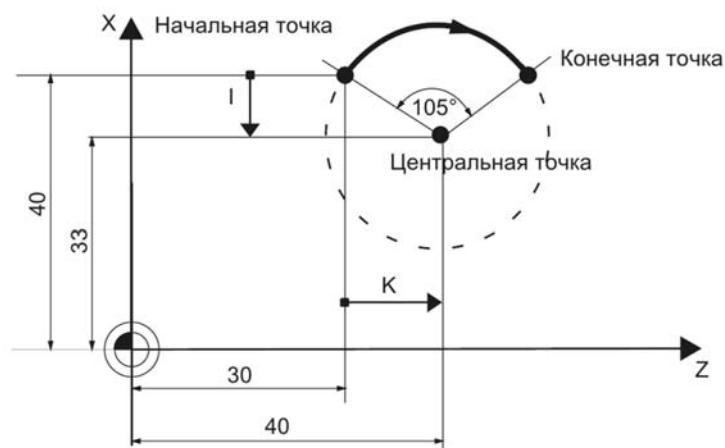


Рисунок 2.5 – Указание центра и апертурного угла

Пример к рисунку 2.5:

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10

N10 G2 K10 I-7 AR=105 ; Апертурный угол и центр

Круговая интерполяция через промежуточную точку: CIP (рисунок 2.6).

Направление окружности получается из положения промежуточной точки (между начальной и конечной точкой). Указание промежуточной точки: I1=...

для оси X, K1=... для оси Z. CIP действует до отмены через другой оператор из этой группы G (G0, G1, ...).

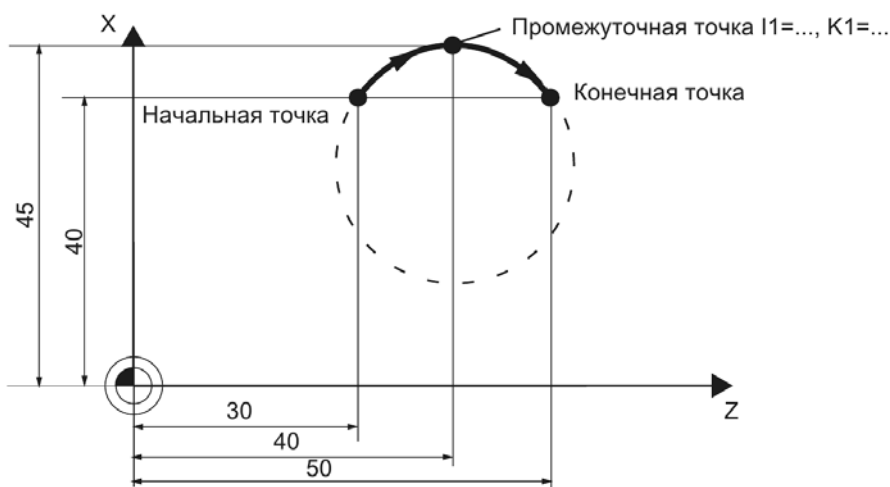


Рисунок 2.6 – Круговая интерполяция через промежуточную точку: CIP

Пример к рисунку 2.6:

N5 G90 Z30 X40 ; Начальная точка окружности для N10

N10 CIP Z50 X40 K1=40 I1=45 ; Конечная точка и промежуточная точка

Окружность с тангенциальным переходом: СТ (рисунок 2.7).

С командой СТ и запрограммированной конечной точкой в текущей плоскости (G18: плоскость Z/X) получается окружность, тангенциально соединяющаяся с предыдущим сегментом траектории (окружностью или прямой линией). Радиус и центр окружности при этом определены из геометрических соотношений предшествующего участка траектории и запрограммированной конечной точки окружности.



Рисунок 2.7 – Окружность с тангенциальным переходом: СТ

2.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Изучить состав и назначение адресов при разработке УП.
- 2 Выполнить эскиз детали (см. таблицы 1.1 и 1.2, рисунок 1.4).

3 Установить состав переходов при обработке детали (наружный контур для рисунка 1.4, а и внутренний контур для рисунка 1.4, б).

4 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.

5 Определить режимы резания для каждого инструмента.

6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.

7 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

2.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

1 Наименование практического занятия.

2 Цель практического занятия.

3 Эскиз операционный.

4 Текст управляющей программы.

5 Ответы на контрольные вопросы.

6 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Какая подготовительная функция задает круговую интерполяцию?

2 Как расположены оси детали?

3 Где находится ноль детали?

3 Практическое занятие № 3. Программирование перемещений. Относительная система координат

Цель занятия: приобретение практических навыков разработки управляющих программ токарной обработки на основе программирования относительных перемещений.

3.1 Особенности программирования перемещений в относительной системе координат

При программировании в относительной системе координат:

- все размеры задаются как расстояния между двумя соседними точками контура детали;
- при составлении управляющей программы для обработки на ЧПУ за нулевое положение каждый раз принимается предыдущая точка контура;
- траектории перемещения инструмента программируются в приращениях или в относительных координатах.

3.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Изучить состав и назначение адресов при разработке УП.
- 2 Выполнить эскиз детали (см. таблицы 1.1 и 1.2, рисунок 1.4).
- 3 Установить состав переходов при обработке детали.
- 4 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.
- 5 Определить режимы резания для каждого инструмента.
- 6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 7 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

3.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование и цель практического занятия.
- 2 Эскиз операционный, текст управляющей программы.
- 3 Ответы на контрольные вопросы и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Как следует задавать перемещения в относительной системе координат?
- 2 Какая подготовительная функция указывает на относительную систему координат?
- 3 Допустимо ли в программе использовать и относительную, и абсолютную систему координат?

4 Практическое занятие № 4. Программирование обработки валов

Цель занятия: приобретение навыков разработки управляющих программ обработки валов (заготовка – прутковый материал) на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO).

4.1 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, следует 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.

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

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

- 1) центрирование;
- 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.

4.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Получить у преподавателя чертеж детали.
- 2 Установить состав переходов при обработке детали.
- 3 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.
- 4 Определить режимы резания для каждого инструмента.
- 5 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 6 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

4.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Эскиз операционный.
- 4 Текст управляющей программы.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Порядок обработки поверхностей для деталей типа вал.
- 2 Какими способами можно закреплять и базировать вал на токарных станках?
- 3 Как оценить жесткость вала?

5 Практическое занятие № 5. Программирование обработки дисков

Цель занятия: приобретение навыков разработки управляющих программ обработки деталей типа дисков (заготовка – прутковый материал) на основе применения G-кодов (в соответствии со стандартами ISO).

5.1 Особенности разработки маршрута обработки деталей типа дисков на станках с ЧПУ

К деталям класса «диски» относятся детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющими одну общую прямолинейную ось при значительном отношении наружного диаметра к длине цилиндрической части. Технологические задачи дисков аналогичные классу втулок – достижение концентричности внутренних и наружных цилиндрических поверхностей и перпендикулярность торцов к оси детали. Детали типа дисков выполняют с центральным отверстием и отверстиями под крепеж. Центральное отверстие может быть цилиндрическим, ступенчатым, коническим, фасонным (шлицевым, со шпоночным пазом и т. д.).

Типовые маршруты обработки отверстий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Маршруты обработки отверстий вращающимся инструментом

Переход		Диаметр отверстия D , мм			
		4...12	12...40	12...100	40...100
Сверление		●	●	●	
Рассверливание				●	
Зенкерование	черновое				●
	получистовое	●	●		
	чистовое		●	●	
Развертывание	черновое		●	●	
	получистовое		●	●	
	чистовое	●			
Ra, мкм	IT				
80...40	13		●		●
40...20	12	●	●		
20...10	11	●		●	
10...5	10		●	●	
5	9		●	●	
2,5				●	
2,5	8	●	●		
1,25			●		
1,25	7		●		
0,6				●	

Под ступенчатыми подразумевают отверстия разных диаметров, расположенные на одной оси последовательно одно за другим. Отверстия могут быть открытыми с двух сторон или с одной стороны; последние называются глухими.

При обработке деталей типа дисков на станках с СЧПУ семейства SINUMERIK для обработки отверстий используют функции постоянных циклов CYCLE81...CYCLE89, CYCLE840, HOLES1, HOLES1, CYCLE802, позволяющие программировать ряд операций (сверление, нарезание резьбы метчиком, растачивание и т. д.).

5.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Получить у преподавателя чертеж детали.
- 2 Установить состав переходов при обработке детали.
- 3 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.
- 4 Определить режимы резания для каждого инструмента.
- 5 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 6 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

5.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Эскиз операционный.
- 4 Текст управляющей программы.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Порядок обработки поверхностей для деталей типа диск (втулка).
- 2 Каковы технологические особенности обработки отверстий?
- 3 Основные способы лезвийной обработки отверстий.

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

Цель занятия: приобретение практических навыков разработки управляющих программ обработки на основе применения токарных технологических циклов.

6.1 Сведения о программировании

Обработка резанием с поднутрением – CYCLE95 (рисунок 6.1).

С помощью цикла обработки резанием можно изготовить запрограммированный в подпрограмме контур из заготовки посредством обработки резанием параллельной оси.

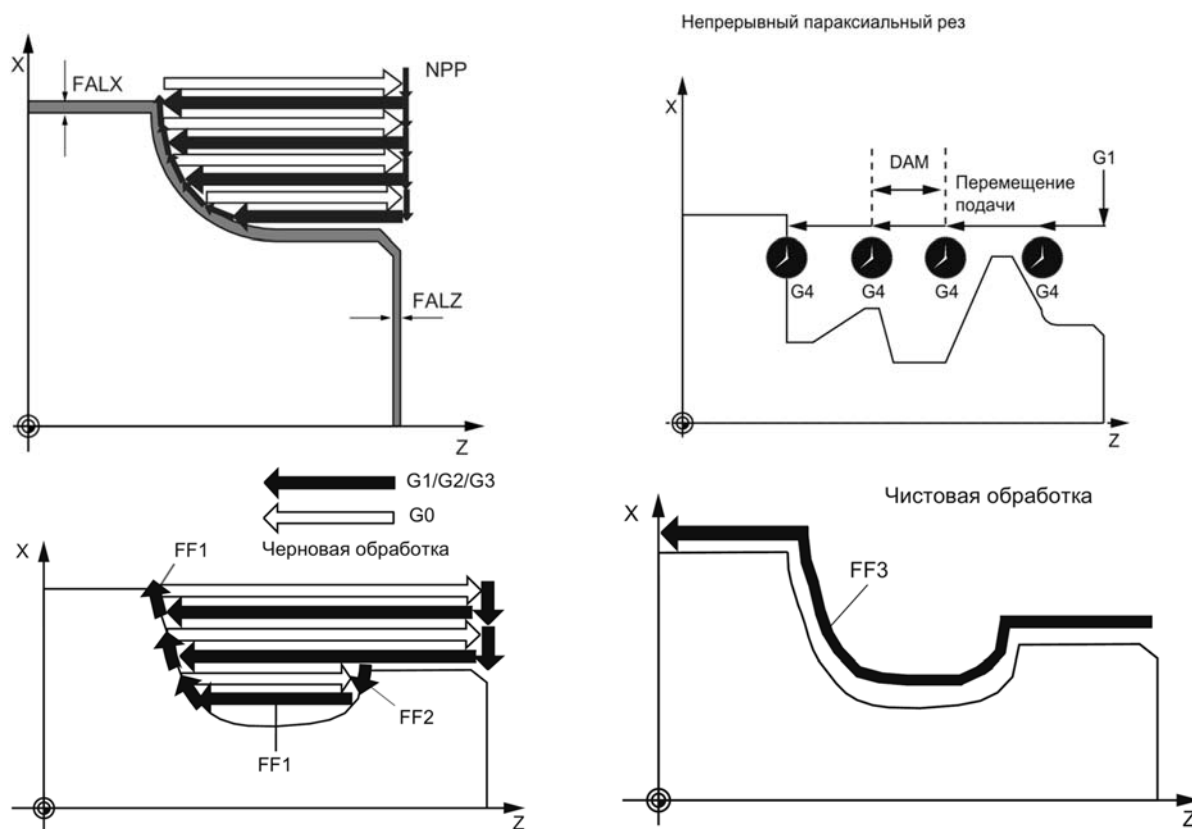


Рисунок 6.1 – Параметры цикла CYCLE95

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

NPP – наименование подпрограммы контура.

MID – максимально возможная глубина резания для процесса черновой обработки (вводится без знака).

FALZ – чистовой припуск в продольной оси (вводится без знака).

FALX – чистовой припуск в поперечной оси (вводится без знака).

FAL – соответствующий контуру чистовой припуск (вводится без знака).

FF1 – подача для черновой обработки.

FF2 – подача для врезания в элементы поднутрения.

FF3 – подача для чистовой обработки.

VARI – режим обработки (таблица 6.1).

DT – пауза для ломки стружки при черновой обработке (в секундах).

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

_VRT – величина отвода инструмента при обратном ходе в обеих осях (вводится без знака).

Таблица 6.1 – Кодирование режимов обработки

Вид обработки	Черновая	Чистовая	Черновая с чистовой
Продольная наружная	1	5	9
Поперечная наружная	2	6	10
Продольная внутренняя	3	7	11
Поперечная внутренняя	4	8	12

Канавка – CYCLE94 (рисунок 6.2).

С помощью этого цикла можно обрабатывать канавки по DIN509 формы E и F при диаметре готовой детали больше 3 мм.

Формат кадра: CYCLE94(SPD, SPL, FORM, VARI)

SPD – начальная точка в поперечной оси (вводится без знака).

SPL – начальная точка коррекции в продольной оси (вводится без знака).

FORM – определение формы значения: E (для формы E), F (для формы F) по DIN509.

VARI – режим обработки.

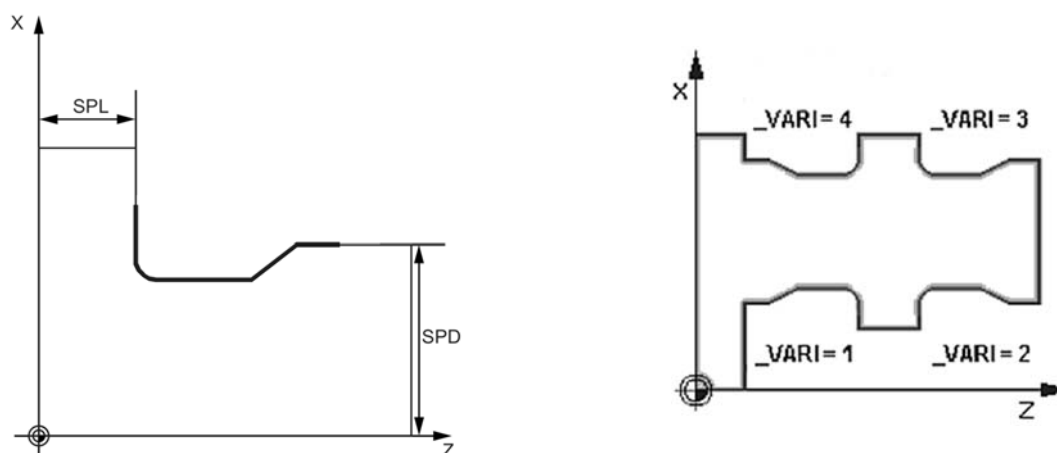


Рисунок 6.2 – Параметры цикла CYCLE94

Зарезьбовая канавка – CYCLE96 (рисунок 6.3).

С помощью этого цикла можно обрабатывать резьбовые канавки для метрической ISO-резьбы от М3 до М68.

Формат кадра: CYCLE96(DIATH, SPL, FORM, _VARI)

DIATH – номинальный диаметр резьбы.

SPL – начальная точка коррекции в продольной оси.

FORM – определение формы канавки: А, В, С, D. Резьбовые канавки форм А и В определены для наружной резьбы, форма А – для обычных сбегов резьбы, форма В – для коротких сбегов резьбы. Резьбовые канавки форм С и D используются для внутренней резьбы, форма С – для обычного сбега резьбы, форма D – для короткого сбега резьбы.

_VARI – режим обработки.

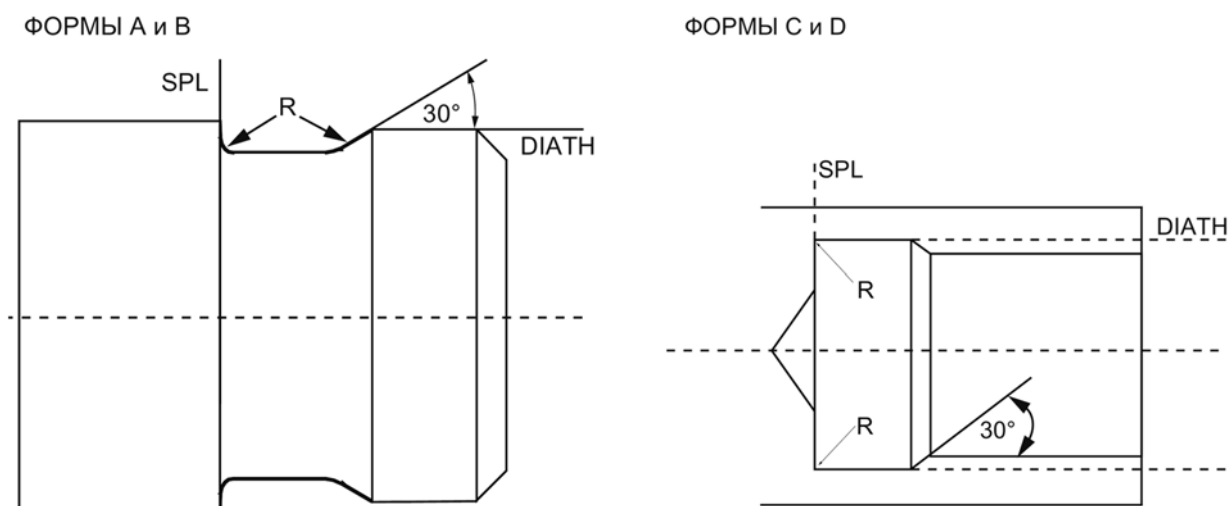


Рисунок 6.3 – Формы зарезьбовых канавок и параметры цикла CYCLE96

Резьбонарезание – CYCLE97 (рисунок 6.4).

С помощью цикла резьбонарезания можно обрабатывать цилиндрическую и коническую наружную и внутреннюю резьбу с постоянным шагом с использованием продольной и поперечной обработки.

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

PIT – шаг резьбы как значение (вводится без знака).

MPIT – шаг метрической резьбы, как размер резьбы (3 для М3...60 для М60).

Параметры PIT и MPIT должны использоваться по выбору.

DM1 и DM2 – диаметр резьбы в начальной и конечной точках резьбы.

DM1 <> DM2 – коническая резьба.

SPL – начальная точка.

FPL – конечная точка.

APP – входной участок.

ROP – выходной участок.

TDEP – глубина резьбы.

FAL – чистовой припуск.

NID – количество холостых ходов резца.

IANG – угол врезания.

NSP – смещение стартовой точки. Диапазон: 0,0001...359,9999 град.

VARI – режим обработки: 1 – резьба наружная, постоянная подача; 2 – резьба внутренняя, постоянная подача; 3 – наружная резьба, постоянное поперечное сечение резания; 4 – внутренняя резьба, постоянное поперечное сечение резания.

NUMT – число заходов резьбы.

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

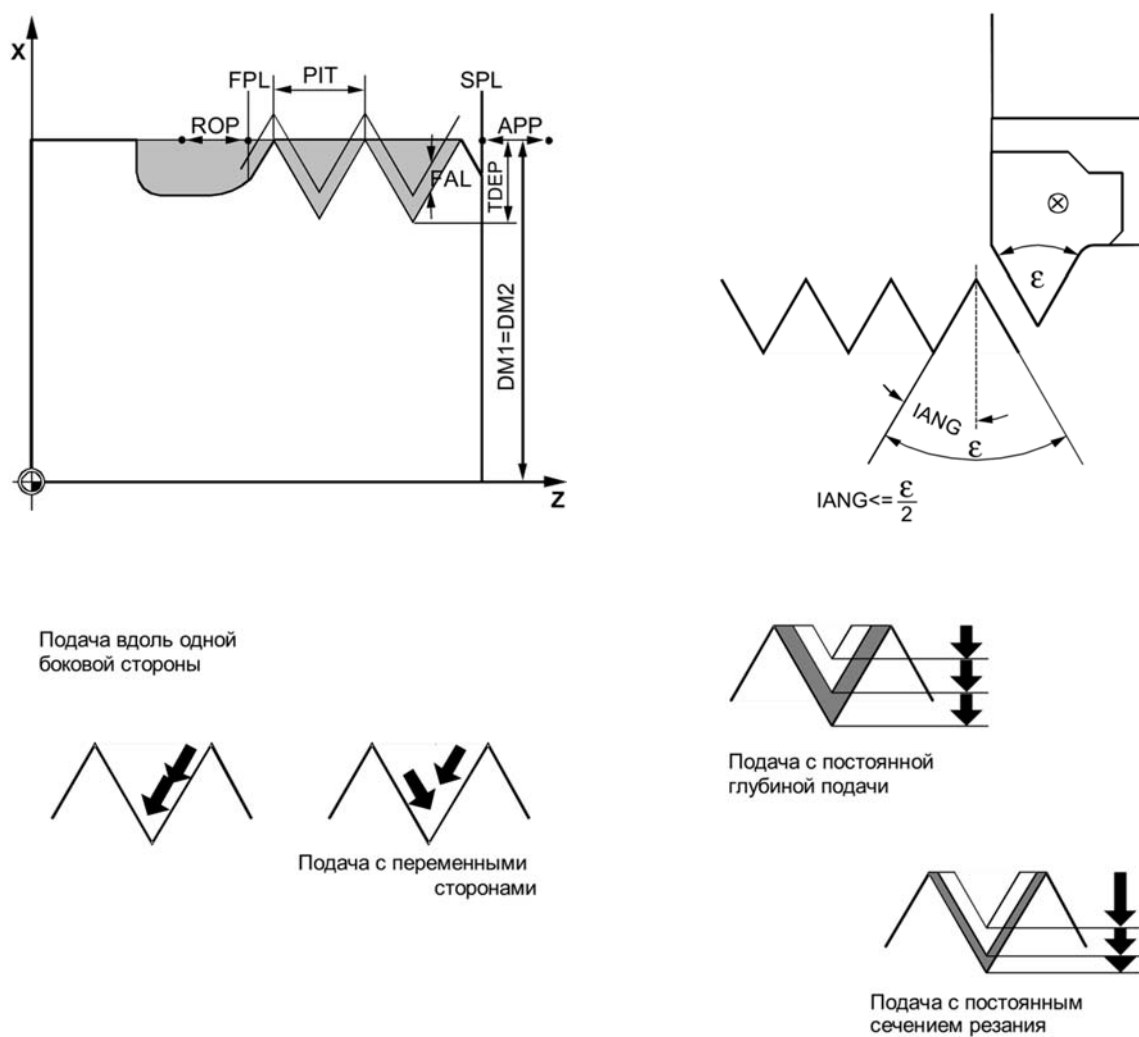


Рисунок 6.4 – Параметры цикла CYCLE97

6.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Получить у преподавателя чертеж детали.
- 2 Установить состав переходов при обработке детали.
- 3 Определить способ установки заготовки, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек.
- 4 Определить режимы резания для каждого инструмента.
- 5 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 6 Составить отчет по практическому занятию и представить его преподавателю для проверки и защиты.

6.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Эскиз операционный.
- 4 Текст управляющей программы.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Поясните типовые схемы многопроходной обработки.
- 2 Какие токарные технологические циклы Вы знаете?
- 3 Поясните назначение профиля.

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

Цель занятия: приобретение навыков определения затрат времени на операции, выполняемые на станках с ЧПУ.

7.1 Расчёт норм времени для операций, выполняемых на станках с ЧПУ

Норма времени на выполнение операций на станках с ЧПУ при работе на одном станке состоит из нормы подготовительно-заключительного времени $t_{п.з}$ и нормы штучного времени $t_{шт}$:

$$t_{шт} = (t_{ца} + t_в \cdot k_{тв}) \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отд}}{100} \right), \quad (7.1)$$

где $t_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин;

$k_{тв}$ – поправочный коэффициент на время выполнения ручной вспомогательной работы в зависимости от партии обрабатываемых деталей;

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{отд}$ – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности при одностаночном обслуживании; определяется как процент от оперативного времени.

$$t_{ца} = t_o + t_{мв}, \quad (7.2)$$

где t_o – основное (технологическое) время на обработку одной детали, мин,

$$t_o = \sum \frac{L_i}{S_{mi}}, \quad (7.3)$$

L_i – длина пути, проходимого инструментом или деталью в направлении подачи при обработке i -го технологического участка (с учетом врезания и перебега), мм;

S_{mi} – минутная подача на данном технологическом участке, мм/мин;

$t_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод, установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз (остановок) и т. п.), мин;

$t_в$ – вспомогательное время, связанное с операцией, не вошедшее во время цикла автоматической работы станка по программе:

$$t_в = t_{в.у} + t_{в.оп} + t_{в.изм}, \quad (7.4)$$

где $t_{в.у}$ – время на установку заготовки и снятие детали вручную или подъемником, мин;

$t_{в.оп}$ – вспомогательное время, связанное с операцией (не вошедшее в управляющую программу), мин;

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

Нормативное время на установку заготовки и снятие детали предусматривает выполнение следующей работы: взять и установить заготовку, выверить и закрепить; включить и выключить станок; открепить, снять деталь и уложить в тару; очистить приспособление от стружки, протереть базовые поверхности салфеткой. При установке в специальных приспособлениях вспомогательное время определяют как сумму времени на установку заготовки и снятие одной детали; на установку заготовки и снятие каждой последующей детали свыше одной в многоместных приспособлениях; на закрепление заготовки с учетом количества зажимов; на очистку приспособления от стружки, на протирку базовых поверхностей салфеткой.

Вспомогательное время, связанное с операцией, подразделяется на:

– вспомогательное время, связанное с операцией, не вошедшее во время цикла автоматической работы станка по программе и предусматривающее выполнение следующей работы: установить заданное взаимное положение заготовки и инструмента по координатам X, Y, Z и в случае необходимости произвести поднастройку; проверить приход заготовки или инструмента в заданную точку после обработки; установить щиток от забрызгивания эмульсией и снять;

– машинно-вспомогательное время, связанное с переходом, включенное в программу и относящееся к автоматической вспомогательной работе станка, предусматривающее подвод заготовки или инструмента от исходной точки в зону обработки и отвод; установку инструмента на размер обработки; автоматическую смену инструмента; включение и выключение подачи; холостые ходы при переходе от обработки одних поверхностей к другим; технологические паузы, необходимые при резком изменении направления подачи, проверке размеров, для осмотра инструмента и переустановки или перезакрепления заготовки.

Необходимые размеры деталей, обрабатываемых на станках с числовым программным управлением, обеспечиваются конструкцией станка или режущего инструмента и точностью их настройки. В связи с этим время на контрольные измерения (после окончания работы по программе) должно включаться в норму штучного времени только в том случае, если это предусмотрено технологическим процессом и с учетом необходимой периодичности таких измерений в процессе работы, и только в тех случаях, если оно не может быть перекрыто временем цикла автоматической работы станка по программе.

Время на обслуживание рабочего места дано по типам и размерам оборудования с учетом одностаночного и многостаночного обслуживания в

процентах от оперативного времени. Техническое обслуживание рабочего места предусматривает выполнение следующих работ:

- смену инструмента (или блока с инструментом) вследствие его затупления; регулировку и подналадку станка в процессе работы (изменение величины коррекции инструмента);

- сметание и периодическую уборку стружки в процессе работы (кроме сметания стружки с базовых поверхностей установочных приспособлений, время на которое учтено во вспомогательном времени на установку заготовки и снятие детали).

Организационное обслуживание рабочего места включает работу по уходу за рабочим местом (основным и вспомогательным оборудованием, технологической и организационной оснасткой, тарой), относящуюся к рабочей смене в целом:

- осмотр и опробование оборудования в процессе работы;
- раскладку инструмента в начале и уборку его в конце смены (кроме многоцелевых станков);

- смазку и чистку станка в течение смены;

- получение инструктажа мастера, бригадира в течение смены;

- уборку станка и рабочего места в конце смены.

Время на отдых и личные потребности для условий обслуживания одним рабочим одного станка отдельно не выделяется и учтено во времени на обслуживание рабочего места.

Норма подготовительно-заключительного времени представляется как время на приемы подготовительно-заключительной работы на обработку партии одинаковых деталей независимо от партии и определяется по формуле

$$t_{n.з} = t_{n.з1} + t_{n.з2} + t_{np.обр}, \quad (7.5)$$

где $t_{n.з1}$ – норма времени на организационную подготовку, мин;

$t_{n.з2}$ – норма времени на наладку станка;

$t_{np.обр}$ – норма времени на пробную обработку.

Время на организационную подготовку предусматривает:

- получение наряда, чертежа, технологической документации, программоносителя, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента, приспособлений, заготовок до начала и сдачу их после окончания обработки партии деталей на рабочем месте или в инструментальной кладовой;

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

- инструктаж мастера.

В состав работы по наладке станка, инструмента и приспособлений включаются приемы работы наладочного характера, зависящие от назначения станка и его конструктивных особенностей:

- установка и снятие крепежного приспособления;

- установка и снятие блока или отдельных режущих инструментов;
- установка исходных режимов работы станка;
- установка программносителя в считывающее устройство и снятие его;
- настройка нулевого положения и др.

7.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Получить у преподавателя чертеж детали.
- 2 Выбрать оборудование, инструмент.
- 3 Установить состав переходов при обработке детали.
- 4 Определить способ установки детали на станке, установить нуль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу. Построить траектории перемещений каждого инструмента.
- 5 Определить режимы резания для каждого инструмента.
- 6 Заполнить таблицу затрат времени на работу по программе и определить составляющие штучно-калькуляционного времени. Определить штучно-калькуляционное время.
- 7 Составить отчет и предоставить его преподавателю для проверки.

7.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Используемое оборудование и инструмент.
- 4 Эскиз операционный: опорные точки, траекторий перемещения инструмента, координаты опорных точек.
- 5 Расчет затрат времени для токарной операции.
- 6 Ответы на контрольные вопросы.
- 7 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение нормы времени.
- 2 Чем штучно-калькуляционное время отличается от штучного?
- 3 Перечислите составляющие нормы времени.

8 Практическое занятие № 8. Программирование токарной обработки. Язык GTL

Цель занятия: приобретение практических навыков разработки управляющих программ токарной обработки на СЧПУ NC-201 на основе применения языка GTL.

8.1 Общие сведения о программировании

Векторная геометрия.

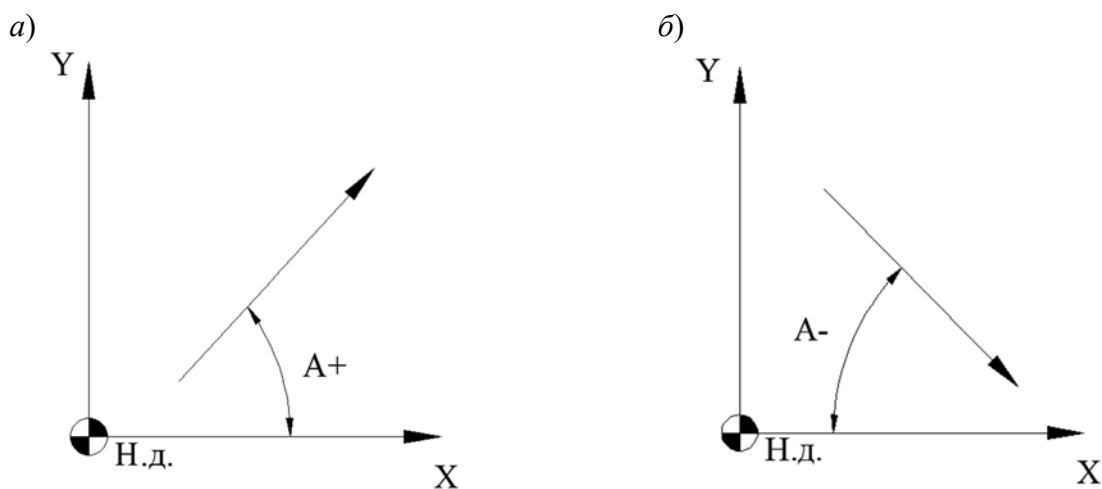
Определение профиля с использованием GTL основано на применении четырёх типов геометрических элементов: точки начала отсчета, точки, прямые и окружности.

Программирование при помощи GTL, базирующееся на векторной геометрии, требует для каждой прямой линии назначения направления движения. Направление движения прямой определяется углом, который она образует с положительной осью X. Угол будет иметь положительный знак, если ось X необходимо повернуть против часовой стрелки до совпадения с направлением линии, и отрицательный – в обратном случае, как показано на рисунке 8.1.

Направление должно быть придано также и окружностям. Условно принимается за положительное направление движение против часовой стрелки и за отрицательное – по часовой.

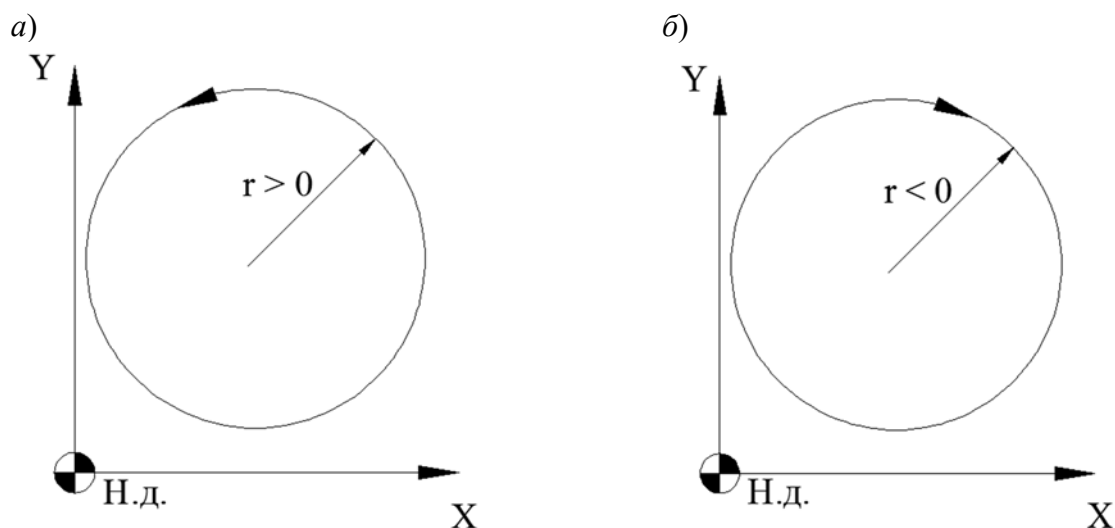
По договоренности придается положительное значение радиусам окружностей с направлением движения против часовой стрелки и отрицательное – в обратном случае (рисунок 8.2).

Направление, данное элементу, обычно соответствует направлению движения инструмента по профилю.



а – положительное значение угла; *б* – отрицательное значение угла

Рисунок 8.1 – Определение прямой в полярной системе координат



a – положительное; *b* – отрицательное

Рисунок 8.2 – Схема определения значений радиуса

Программирование информации о геометрических элементах.

Описание в программе геометрических элементов предусматривает использование следующих строчных символов:

- a – угол;
- l – прямая линия;
- c – окружность;
- d – расстояние;
- m – модуль;
- o – точка начала отсчета;
- r – радиус;
- p – точка;
- s – номер пересечения (дискриминатор);
- b – скос.

Формат геометрических определений предусматривает использование символа «,» (запятая) для разделения геометрического элемента (прямая – точка – окружность) от последующего геометрического элемента или информации, такой как радиус «r» или угол «a».

Примеры

1 Разделитель не требуется:

p1 = Z30 X30, где Z30 X30 – точка;

c1 = I10 J20 r30, где I10 J20 r30 – окружность.

2 Разделитель требуется:

L1 = Z20 X20, Z100 X-10, где Z20 X20 – точка, Z100 X-10 – точка;

L2 = I30 J20 r10, Z80 X80, где I30 J20 r10 – окружность, Z80 X80 – точка;

L3 = Z100 X100, a45, где Z100 X100 – точка, a45 – угол;

c3 = L1, L2, r18, где L1 – прямая, L2 – прямая, r18 – радиус.

Определение точек.

Функция определения точек позволяет определить точки в прямой (явной) или косвенной (неявной) форме. Определение может быть дано как в декартовых, так и в полярных координатах (рисунок 8.3).

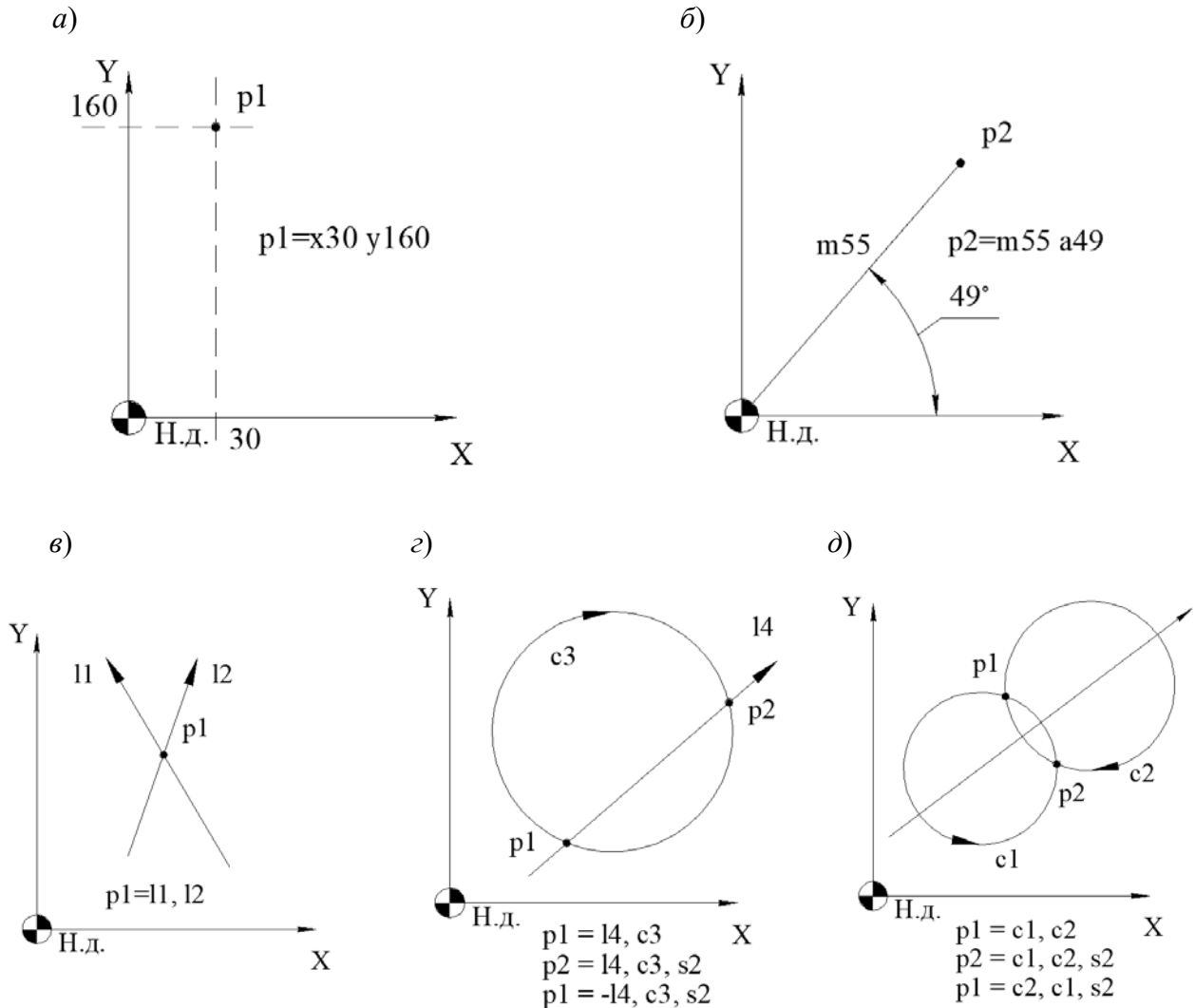


Рисунок 8.3 – Схемы описания точки

В случае пересечения прямой с окружностью или наоборот (см. рисунок 8.3, г) существуют два возможных решения: окружность $c3$ и прямая $l4$ пересекаются в точках $p1$ и $p2$. Проходя прямую $l4$, следуя ее направлению, сначала встречаем точку $p1$ (первое пересечение), а затем – точку $p2$ (второе пересечение). Для выбора второго пересечения $p2$ необходимо использовать индикатор $s2$. Если он опущен, то выбирается первое пересечение $p1$.

В случае пересечения окружности с окружностью существуют два возможных решения: окружности $c1$ и $c2$ пересекаются в точках $p1$ и $p2$ (см. рисунок 8.3, д). Рассматривается ориентированная прямая, соединяющая центр первой окружности с центром второй. Она делит плоскость на две полуплоскости. Для выбора точки в правой полуплоскости (если смотреть в

направлении сориентированной прямой – p2) следует использовать индикатор s2. Если он опущен, то автоматически выбирается точка в левой полуплоскости p1.

Определение прямой линии.

Функция определения прямой линии позволяет определить прямую линию в прямой (явной) или косвенной (неявной) форме (рисунок 8.4).

При описании геометрических элементов всегда должна быть обеспечена совместимость направлений: линия l3 совпадает с направлением окружностей и направлена от первой окружности ко второй.

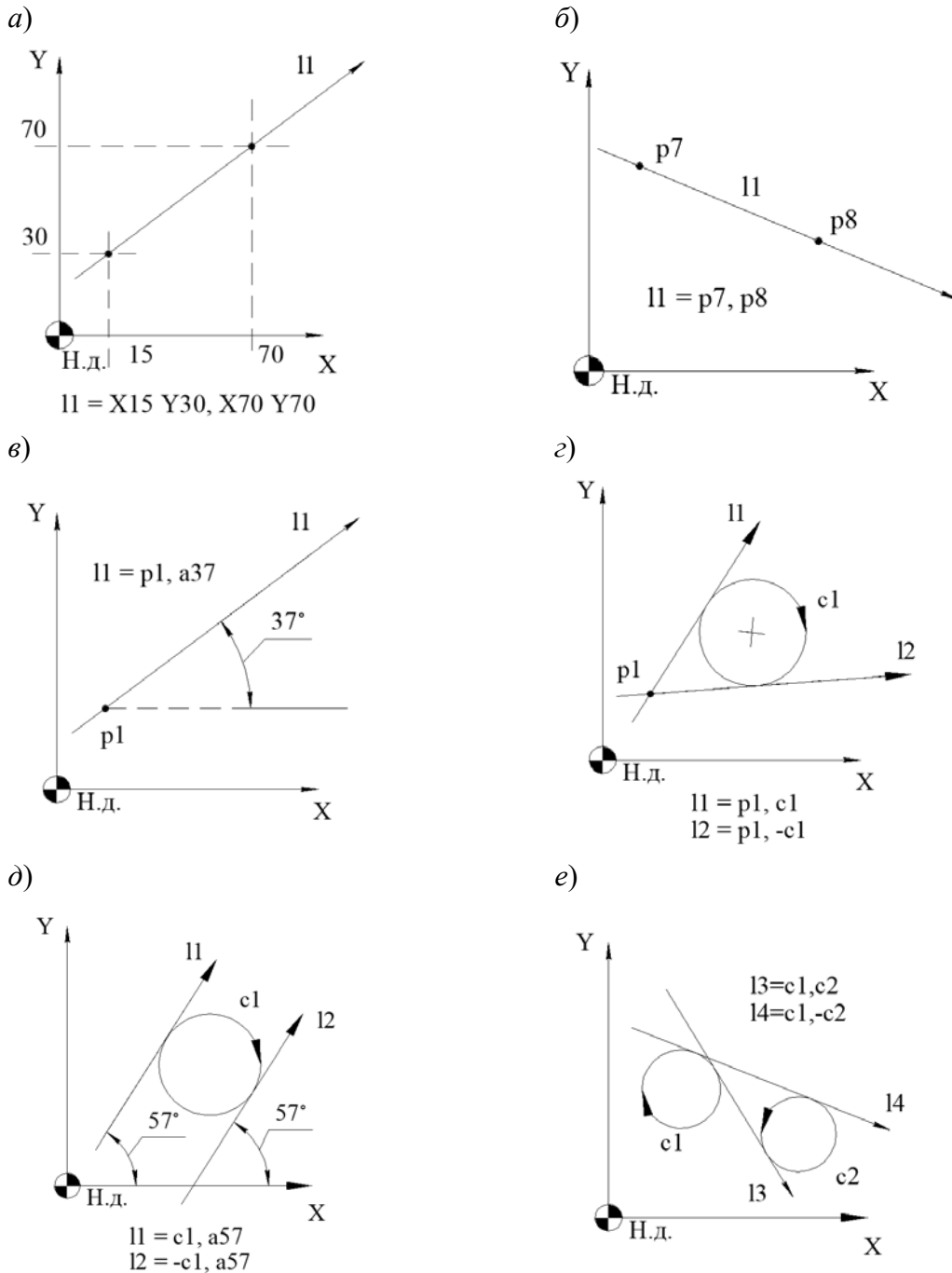


Рисунок 8.4 – Схемы описания линии

Определение окружностей.

Язык GTL позволяет определить окружности в прямой (явной) или косвенной (неявной) форме (рисунки 8.5 и 8.6).

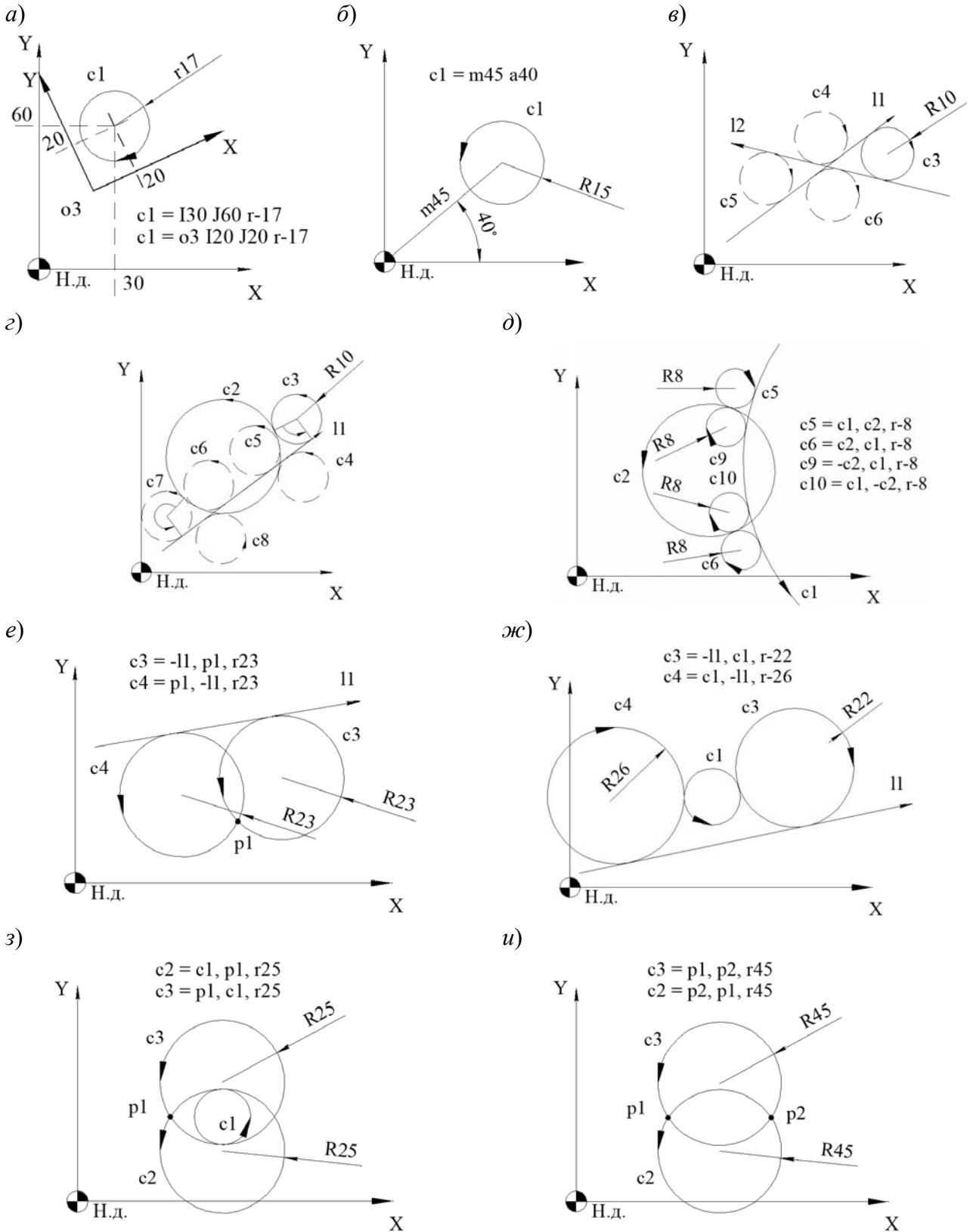


Рисунок 8.5 – Схемы определения окружностей

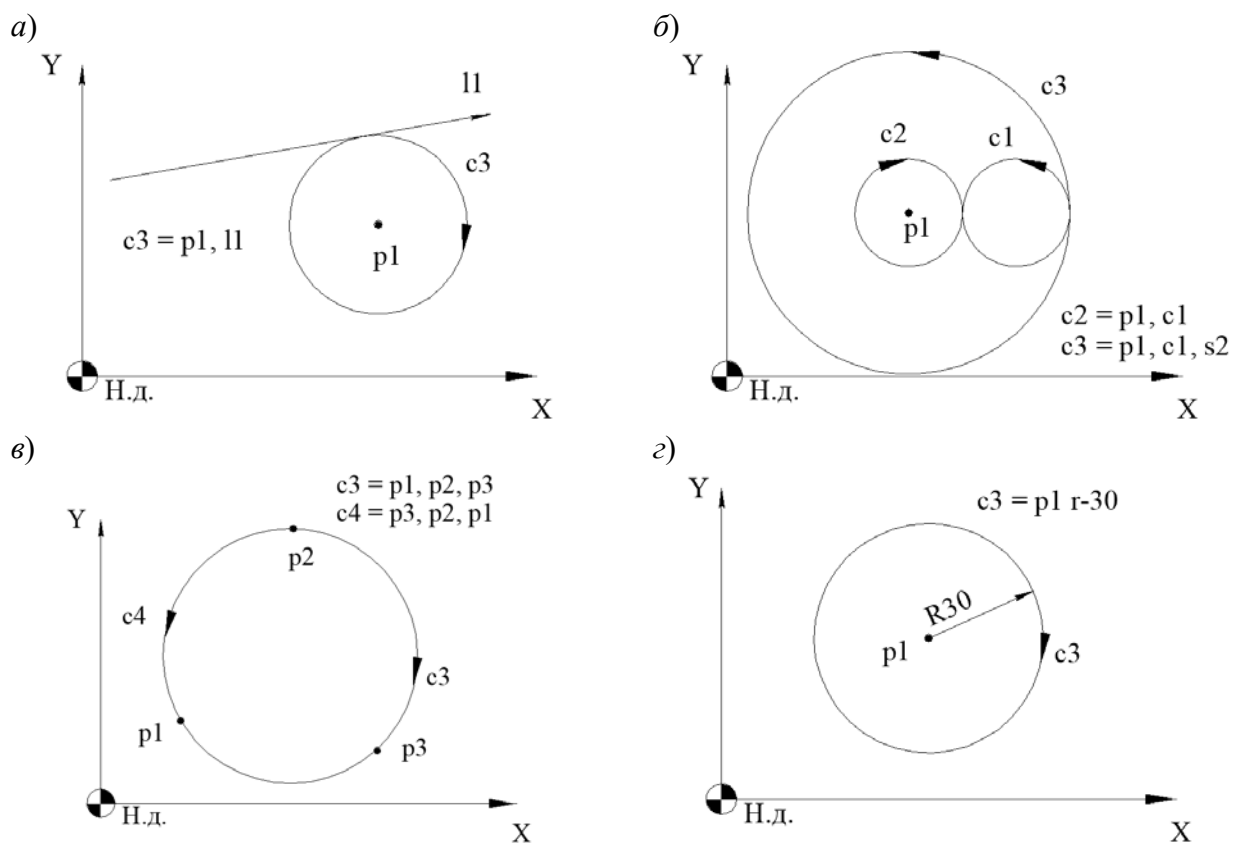


Рисунок 8.6 – Схема определения окружности точкой центра и линией

8.2 Порядок выполнения практического занятия

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы на основе языка GTL.

2 Для детали, изображенной на рисунке 8.7, из таблицы 8.1 по заданному варианту выбрать необходимые размеры.

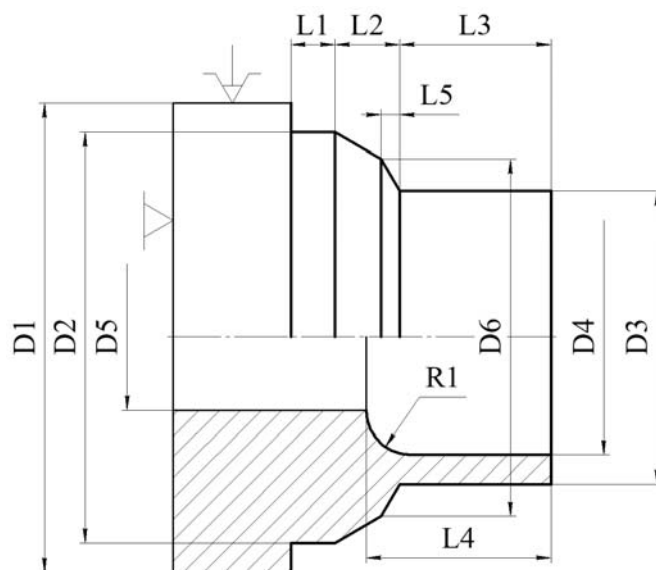


Рисунок 8.7 – Чертеж детали

Таблица 8.1 – Варианты заданий к рисунку 8.7

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

3 Установить состав переходов при обработке детали.

4 Определить способ установки детали на станке, установить нуль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу. Построить траектории перемещений каждого инструмента.

6 Определить режимы резания для каждого инструмента.

7 Разработать текст управляющей программы по обработке детали на языке GTL.

8 Составить отчет по практическому занятию и предоставить его преподавателю для проверки и защиты.

8.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

1 Наименование практического занятия.

2 Цель практического занятия.

3 Эскиз операционный.

4 Текст управляющей программы.

5 Ответы на контрольные вопросы.

6 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие подготовительные функции необходимо использовать для открытия и закрытия программы на языке GTL?

2 Как задаются окружности?

3 Что означает адрес «p»?

9 Практическое занятие № 9. Использование трансформации систем координат

Цель занятия: приобретение практических навыков трансформации систем координат при разработке управляющих программ обработки.

9.1 Трансформация системы координат СЧПУ семейства SINUMERIK

В СЧПУ семейства SINUMERIK существует понятие «фрейм». Фрейм – это автономное правило вычисления, которое переводит одну декартовую систему координат в другую декартовую систему координат.

Фрейм может состоять из следующих компонентов: сдвиг, поворот, масштабирование, отражение.

Все фреймы делятся на (рисунок 9.1):

- базовый фрейм – описывает трансформацию координат из базовой кинематической системы (BKS) в базовую систему нулевой точки (BNS);
- устанавливаемые фреймы (G54...G57, G505...G599) – предварительно устанавливаются оператором и сохраняются в памяти СЧПУ. С их помощью устанавливается система координат детали (WCS) и система нулевой точки (ENS);
- программируемые фреймы.

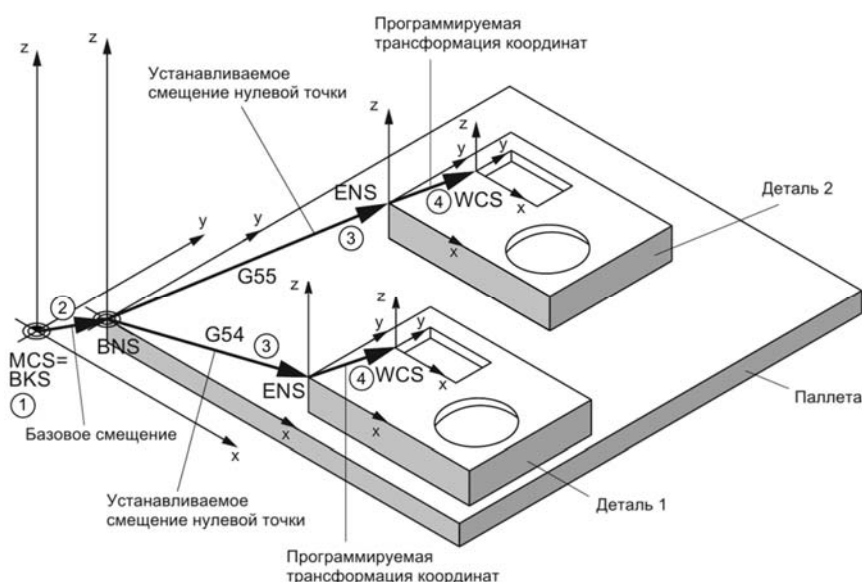


Рисунок 9.1 – Типы фреймов

Все операторы, трансформирующие систему координат, делятся на две группы:

- 1) замещающие операторы: TRANS, ROT, SCALE и MIRROR. Они стирают все запрограммированные до этого фрейм-операторы;

2) аддитивные операторы: ATRANS, AROT, ASCALE, AMIRROR. Они надстраиваются на уже существующие фреймы. Базой служит последняя запрограммированная нулевая точка детали.

Фрейм сдвига.

Синтаксис фрейма сдвига:

TRANS Xx Yy Zz (абсолютный сдвиг);

ATrans Xx Yy Zz (инкрементальный сдвиг),

где x, y, z – значение смещения в направлении указанной геометрической оси.

Фрейм поворота.

Синтаксис фрейма поворота:

ROT Xx Yy Zz (абсолютный поворот);

AROT Xx Yy Zz (инкрементальный поворот);

ROT RPL = a (абсолютный поворот в плоскости);

AROT RPL = a (инкрементальный поворот в плоскости),

где x, y, z – значение поворота вокруг указанной геометрической оси, может принимать значения от -180 до 180 ;

a – угол поворота в плоскости интерполяции (G17, G18, G19).

Программируемый коэффициент масштабирования.

Синтаксис фрейма масштабирования:

SCALE Xx Yy Zz;

ASCALE Xx Yy Zz,

где x, y, z – коэффициенты масштабирования для соответствующей оси.

При использовании ASCALE последний действующий коэффициент масштабирования умножается на новый.

Программируемое отражение.

Синтаксис фрейма программируемого отражения:

MIRROR Xx Yy Zz;

AMIRROR Xx Yy Zz,

где X, Y, Z – геометрическая ось, направление которой должно быть изменено;

x, y, z – значения, выбираются свободно, например X0, или Y0, или Z0.

Команда MIRROR сбрасывает все фрейм-компоненты установленного до этого программируемого фрейма.

Отключение фрейма.

Стирание программируемых фреймов осуществляется через указание компонента TRANS, ROT, SCALE, MIRROR без указания оси.

9.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Изучить состав и назначение адресов при разработке УП.
- 2 Получить у преподавателя чертеж детали, разработать эскиз обработки.
- 3 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 4 Составить отчет по практическому занятию и предоставить его преподавателю для проверки и защиты.

9.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Эскиз операционный.
- 4 Текст управляющей программы.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды трансформаций Вы знаете?
- 2 Поясните отличия между аддитивными и замещающими операторами.
- 3 Задачи, для которых следует применять трансформацию системы координат.

10 Практическое занятие № 10. Программирование с использованием переменных и подпрограмм

Цель занятия: приобретение практических навыков программирования обработки деталей с использованием переменных и подпрограмм.

10.1 Программирование с использованием переменных

Используя переменные, можно через параметры программировать геометрические и технологические данные цикла обработки. С параметрами допускаются математические и тригонометрические действия, а также вычисление выражений. Также с помощью переменных можно разрабатывать «умные» программы, в которых технология обработки или траектория перемещения инструмента меняется в зависимости от текущего состояния заготовки, станка и т. п. Грамотное применение переменных позволяет создавать собственные циклы обработки.

10.1.1 Определение переменных.

Особенности применения переменных для СЧПУ NC-201.

Формат обозначения переменных в СЧПУ NC-201: E_e , где e – порядковый номер переменной.

Максимальное число параметров E не ограничено и определяется во время конфигурации системы. Параметры E имеют различные индексы для переменных различного формата. Описание параметров E для различных форматов представлено в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Описание параметров E для переменных различного формата

Формат	Параметр	Диапазон значений
BY (байт)	E0...E9	От 0 до 255
IN (целое)	E10...E19	От -32768 до +32768
LI (целое с двойной точностью)	E20...E24	От -2147483647 до +2147483647
RE (действительное)	E25...E29	7 знаков
LR (действительное с двойной точностью)	E30...E n	16 знаков

Особенности применения переменных для СЧПУ семейства SINUMERIK.

Все переменные в СЧПУ семейства SINUMERIK условно можно разделить на три группы:

1) системная переменная – переменные, задействованные программным обеспечением станка. Они могут обрабатываться в пользовательской программе (запись, чтение);

2) пользовательская переменная – переменная, имя и тип которой определяются пользователем;

3) R-параметр – операционная переменная, для которой предусмотрен адрес R с последующим номером.

По адресу R находятся переменные типа REAL без дополнительного описания: **Re**, где *e* – порядковый номер переменной, стандартно 100, максимально 1000 (зависит от версии программного обеспечения станка).

Важной особенностью R-параметров является их глобальный характер, т. е. их можно использовать внутри не только одной программы, но и передавать между программами. Также значения R-параметров сохраняются после включения (выключения) станка.

Переменные получают значения в кадрах назначения. Формат кадра назначения:

СЧПУ: NC-201
 Формат: **Ee**= <выражение>
Пример: E10=5

СЧПУ: SINUMERIK
 Формат: **Re**= <выражение>
Пример: R10=5

Здесь <выражение> может быть цифровой величиной или математическим <выражение>, результат которого будет запомнен под параметром с индексом *e*; выражение – это математическое выражение, составленное из арифметических операторов, функций и операндов (параметры, числовые константы).

В дополнение к R-параметрам в СЧПУ семейства SINUMERIK можно определять пользовательские переменные – переменные, обозначение которых и тип данных устанавливает пользователь.

Для обозначения пользовательской переменной используются идентификатор – буквенно-цифровая аббревиатура. Например: USERVAR5.

В общем случае идентификаторы могут быть использованы также для обозначения подпрограмм, ключевых слов, меток.

Несмотря на то, что начертание идентификатора устанавливает пользователь, существуют определенные ограничения:

- длина – до 32 знаков;
- в идентификаторе допускаются: буквы, знаки подчеркивания, цифры;
- первые два знака обязательно буква или знак подчеркивания;
- идентификаторы не должны повторяться.

Пользовательскую переменную необходимо объявить в начале программы перед использованием с помощью функции

DEF <тип> <идентификатор>=<значение>;

Пример: DEF INT USERVAR5=7,

где <тип> – тип переменной;

<идентификатор> – идентификатор переменной;

<значение> – начальное значение переменной.

Если переменные определены в главной программе, действуют и в подпрограмме. Если при определении не присвоено значение, то система присваивает ей ноль.

Пользовательские переменные могут содержать следующие типы данных (таблица 10.2).

Таблица 10.2 – Типы данных для переменных

Обозначение	Описание	Диапазон значений
INT	Целые величины	-2147483648 ... +21474836
REAL	Действительное число	$\pm(\sim 2,2 \cdot 10^{-308} \dots \sim 1,8 \cdot 10^{+308})$
BOOL	Значения истинности: TRUE (1) и FALSE (0)	1, 0
CHAR	Символ ASCII	Код 0...255
STRING	Цепочка символов	Максимально 200 символов
AXIS	Идентификатор оси/шпинделя	
FRAME	Геометрические данные для смещения, вращения, масштабирования, отражения	

10.1.2 Вычисления в управляющей программе.

В таблице 10.3 приведены арифметические операции, допустимые с переменными.

Таблица 10.3 – Математические операторы

NC-201	SINUMERIK	Содержание операции
+	+	Сложение
-	-	Вычитание
*	*	Умножение
/	/	Деление
SIN(A)	SIN(A)	Синус <i>A</i>
COS(A)	COS(A)	Косинус <i>A</i>
TAN(A)	TAN(A)	Тангенс <i>A</i>
ARS(A)	ASIN(A)	Арксинус <i>A</i>
ARC(A)	ACOS(A)	Арккосинус <i>A</i>
ART(A)	ATAN2(A)	Арктангенс <i>A</i>
SQR(A)	SQRT(A)	Квадратный корень <i>A</i>
ABS(A)	ABS(A)	Абсолютное значение <i>A</i>
INT(A)	TRUNC(A)	Целое число <i>A</i>
NEG(A)	-	Инвертирует знак <i>A</i>
MOD(A,B)	<i>A MOD B</i>	Вычисляет остаток отношения между <i>A</i> и <i>B</i>
-	POT(A)	2-я степень (квадрат)
-	ROUND(A)	Округление до целого
-	LN(A)	Натуральный логарифм
-	EXP(A)	Роказательная функция

10.2 Программирование с использованием подпрограмм

10.2.1 Повторение части программы.

При помощи операторов **REPEAT** часть программы, которая следует за меткой «стартовая метка перехода» и которая заканчивается меткой «конечная метка перехода», повторяется определенное количество раз.

Формат: **REPEAT** «стартовая метка перехода» «конечная метка перехода» $R=n$,
где n – число повторений.

10.2.2 Использование подпрограмм.

Указав имя программы, можно вызвать и выполнить программу (подпрограмму), находящуюся в памяти. Под подпрограммой понимают последовательность кадров, которые определяют цикл обработки. Подпрограмма может быть вызвана из основной программы.

Пример

N10 FALE,

где FALE – название подпрограммы для вызова.

10.3 Порядок выполнения практического занятия

1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы с использованием переменных и подпрограмм.

2 Для детали, изображенной на рисунке 10.1, из таблицы 10.4 по заданному варианту выбрать необходимые размеры.

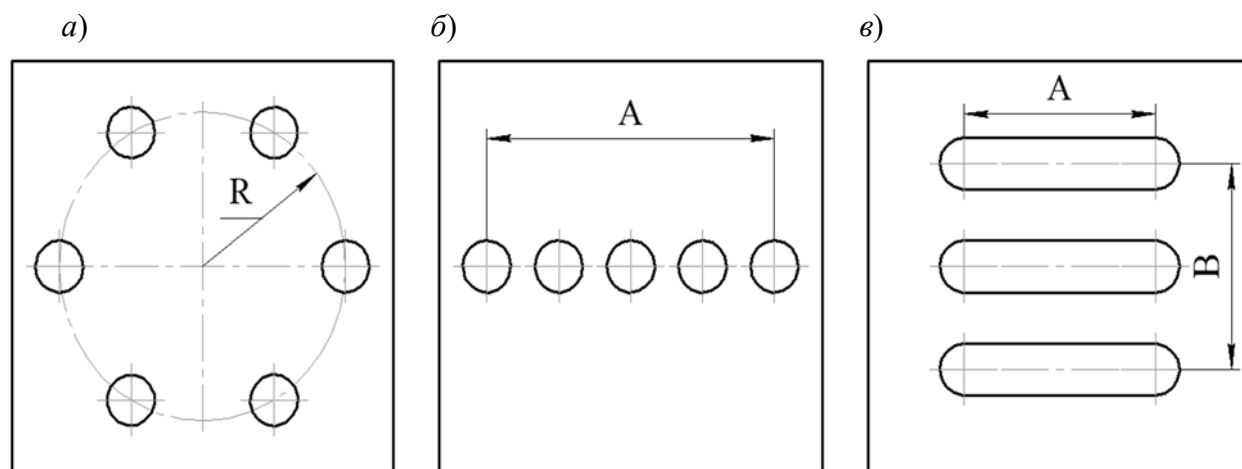


Рисунок 10.1 – Эскизы деталей

Таблица 10.4 – Варианты заданий

Вариант	Деталь по рисунку 3.1	Количество элементов n	R	A	B
1	2	3	4	5	6
1	a	3	60	–	–
2	б	6	–	150	–
3	в	6	–	50	90
4	a	9	50	–	–
5	б	7	–	105	–

Окончание таблицы 10.4

1	2	3	4	5	6
6	<i>B</i>	8	–	45	160
7	<i>a</i>	5	50	–	–
8	<i>б</i>	7	–	140	–
9	<i>в</i>	9	–	25	45
10	<i>a</i>	6	50	–	–
11	<i>б</i>	3	–	60	–
12	<i>в</i>	3	–	20	15
13	<i>a</i>	6	70	–	–
14	<i>б</i>	3	–	60	–
15	<i>в</i>	6	–	30	90
16	<i>a</i>	9	70	–	–
17	<i>б</i>	9	–	225	–
18	<i>в</i>	6	–	40	30
19	<i>a</i>	10	40	–	–
20	<i>б</i>	4	–	40	–

3 Установить состав переходов при обработке детали.

4 Определить способ установки детали на станке, установить ноль детали, положение исходной точки. Определить координаты опорных точек, заполнить таблицу. Построить траектории перемещений каждого инструмента.

5 Определить режимы резания для каждого инструмента.

6 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.

7 Составить отчет по практическому занятию и предоставить его преподавателю для проверки и защиты.

10.4 Типовое содержание отчета по практическому занятию

1 Наименование практического занятия.

2 Цель практического занятия.

3 Эскиз операционный.

4 Текст управляющей программы.

5 Ответы на контрольные вопросы.

6 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие типы переменных Вы знаете?

2 Какие операции можно выполнять с переменными?

3 Назначение подпрограмм.

11 Практическое занятие № 11. Программирование токарной многоцелевой обработки

Цель занятия: приобретение практических навыков проектирования и выполнения операций обработки на токарных многоцелевых станках.

11.1 Общие сведения о программировании обработки на токарных многоцелевых станках

Для обработки профилей на плоскости или на цилиндре, при помощи оси вращения и линейной оси, вводится понятие виртуальных осей.

Для увеличения жесткости при позиционной обработке станок оснащен зажимами поворотных осей, которые управляются М-кодами: M10/M12 – включить зажимы для осей A и C; M11/M13 – выключить зажимы.

TRANSMIT – трансформация торца детали (рисунок 11.1):

- торцовая обработка в патроне (сверление, фрезерование контура);
- движения по траектории выполняются линейными осями X, Z и круговой осью C.

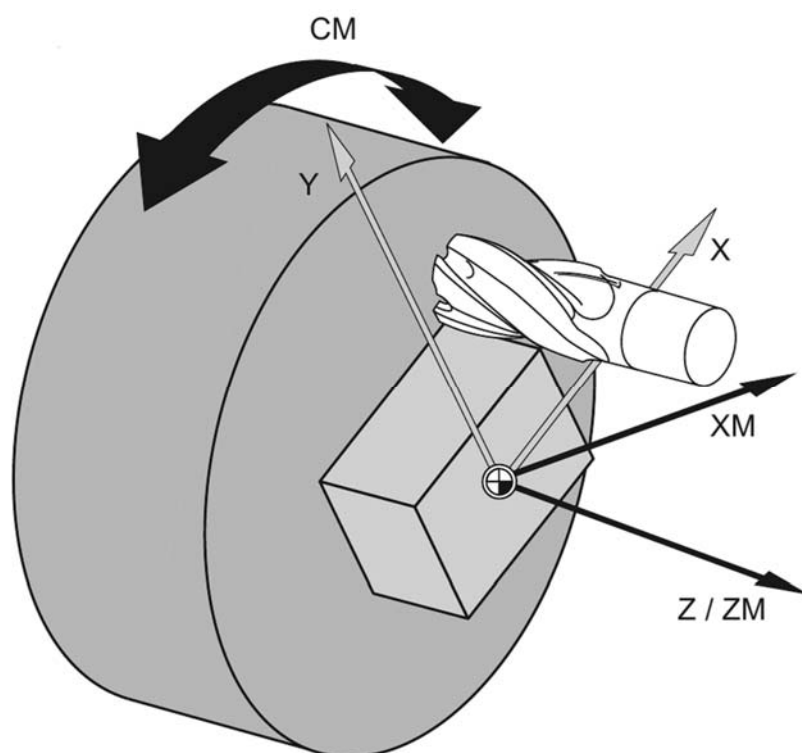


Рисунок 11.1 – Трансформация торца детали

TRACYL(d) – криволинейная трансформация боковой поверхности цилиндра, где d – диаметр обрабатываемого цилиндра (рисунок 11.2).

TRAFOOF – выключает активную трансформацию TRANSMIT, TRACYL.

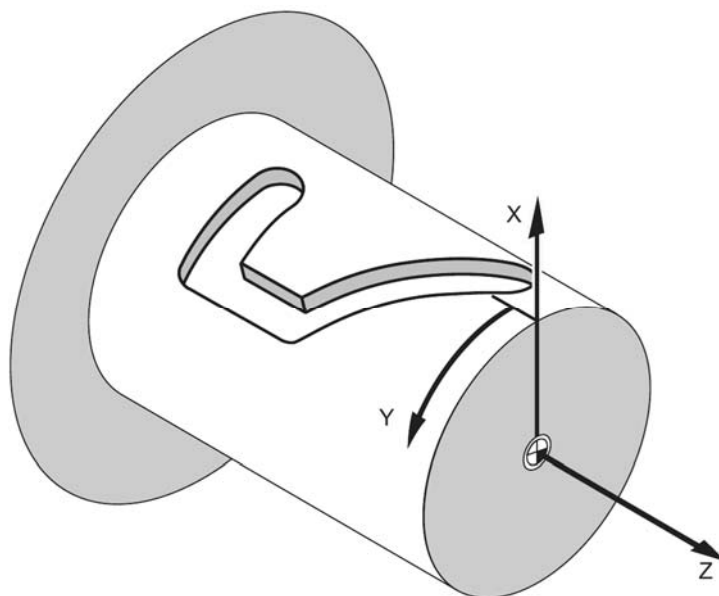


Рисунок 11.2 – Криволинейная трансформация боковой поверхности цилиндра

11.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Изучить состав и назначение адресов при разработке управляющей программы обработки профилей на токарных многоцелевых станках с ЧПУ.
- 2 Получить у преподавателя чертеж детали, разработать эскиз операционный.
- 3 Разработать текст управляющей программы по обработке детали.
- 4 Составить отчет по практическому занятию и предоставить его преподавателю для проверки и защиты.

11.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Эскиз операционный.
- 4 Текст управляющей программы.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Технологические задачи, решаемые токарной многоцелевой обработкой.
- 2 Какие трансформации системы координат применяются при многоцелевой токарной обработке?
- 3 Поясните понятие «виртуальные оси».

12 Практическое занятие № 12. Программирование контроля

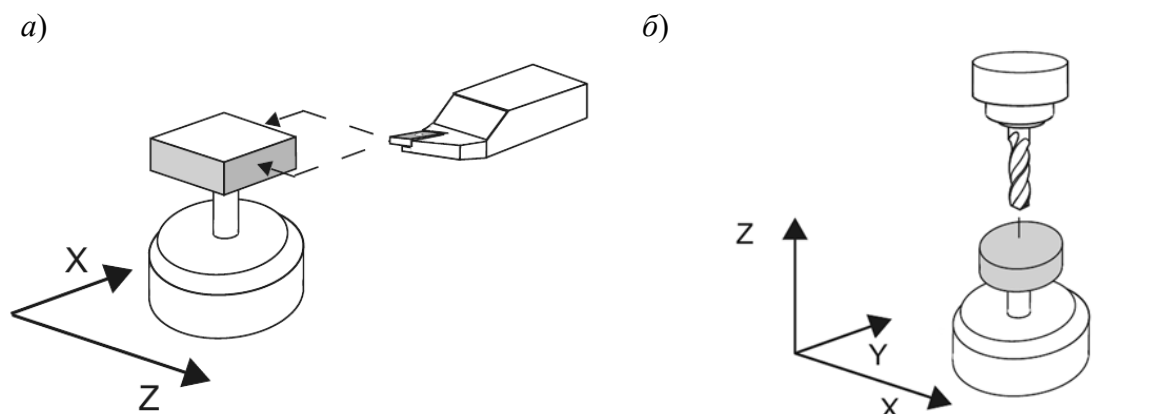
Цель занятия: приобретение практических навыков программирования контроля на станках с ЧПУ.

12.1 Измерительные циклы для СЧПУ семейства SINUMERIK

Измерительные циклы – это общие подпрограммы для решения определенных задач измерения, которые через параметры могут быть адаптированы к конкретной проблеме.

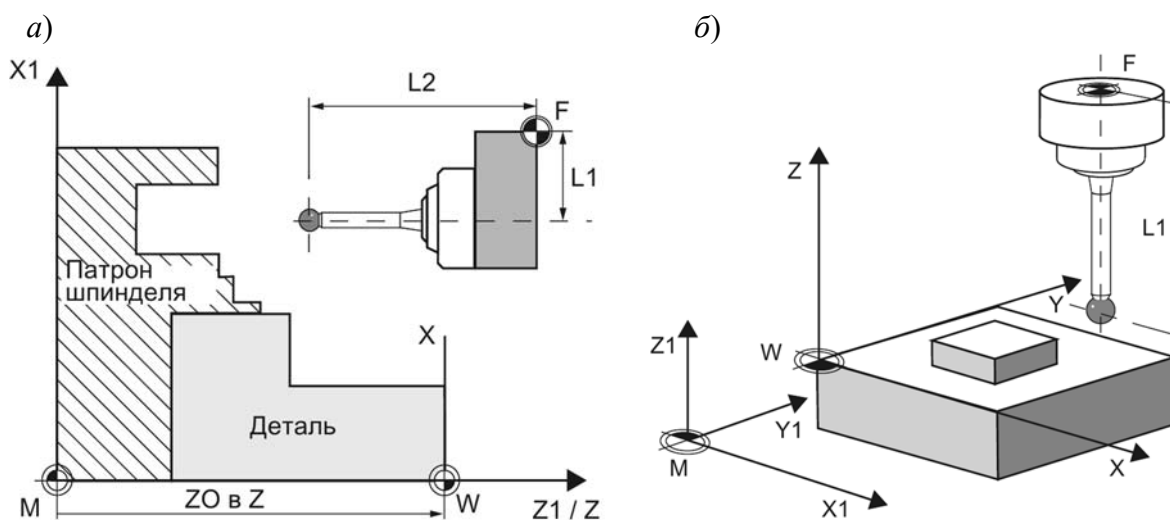
Базовыми вариантами измерения являются:

- измерение инструмента (рисунок 12.1);
- измерение детали (рисунок 12.2).



a – для токарного инструмента; *б* – для осевого инструмента

Рисунок 12.1 – Измерение инструмента



a – для токарного станка; *б* – для фрезерного станка

Рисунок 12.2 – Измерение детали

Калибровка измерительного щупа инструмента (CYCLE971).

С помощью этого измерительного цикла можно выполнить калибровку измерительного щупа инструмента и измерение длины инструмента и/или радиуса инструмента.

Калибровка измерительного щупа детали (CYCLE976).

С помощью этого измерительного цикла можно выполнить калибровку измерительного щупа детали.

Обмер пазов, перемычек, карманов, отверстий, цапф (CYCLE977).

С помощью этого измерительного цикла можно определить центр в плоскости, а также ширину или диаметр.

Обмер по первой точке или определение смещения нуля на плоскости (CYCLE978).

С помощью этого измерительного цикла можно измерить кромку в системе координат детали.

Обмер кругового сегмента (CYCLE979).

Выверка кромки (только определение смещения нуля) (CYCLE998).

С помощью этого измерительного цикла можно определить угловое положение поверхности (плоскости) относительно рабочей плоскости и угол кромок в системе координат детали. Измерительный цикл CYCLE998 может измерить максимальный угол в $-45^{\circ} \dots +45^{\circ}$.

12.2 Порядок выполнения практического занятия

- 1 Изучить особенности программирования контроля на станках с ЧПУ.
- 2 Получить у преподавателя чертеж детали, разработать схему контроля.
- 3 Построить траектории перемещения измерительных щупов.
- 4 Разработать управляющую программу для контроля элементов детали.
- 5 Составить отчет по практическому занятию и предоставить его преподавателю для проверки и защиты.

12.3 Типовое содержание отчета по практическому занятию

- 1 Наименование практического занятия.
- 2 Цель практического занятия.
- 3 Используемое оборудование и инструмент.
- 4 Схема контроля и траектории перемещения измерительных щупов.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Как работает измерительный щуп?
- 2 Перечислите типовые измерительные циклы.
- 3 Какие задачи способен решить контроль на станках с ЧПУ?

Список литературы

1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ : учебное пособие / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – 339 с.

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

3 Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве : учебное пособие: в 2 ч. / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск : БГТУ, 2010. – Ч. 1. – 303 с.

4 Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие / Ю. А. Бондаренко [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – 292 с.

5 Станки с ЧПУ : устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка : учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]. – Москва : ФЛИНТА; Наука, 2017. – 360 с. : ил.

6 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.