**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

Методические указания
к выполнению практических занятий по дисциплине
"Автоматизация производственных процессов в машиностроении"
для студентов направления

(15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

1. Цель работы

Цель работы – приобрести умение осуществлять подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы.

2. Основные теоретические сведения

2.1. Технологические особенности обработки отверстий на станках с ЧПУ сверлильно-расточной группы

Трудоемкость обработки отверстий в ряде деталей 40% общей трудоемкости, поэтому выбору рациональной схемы обработки отверстий следует уделять особое внимание. Практически все типы станков с ЧПУ пригодны для обработки отверстий.

Технологические переходы обработки отверстий на станках с ЧПУ выполняются по типовым схемам, которые имеют следующие особенности:

1). Большинство переходов осуществляется за один проход (многопроходная обработка характерна только для глубоких отверстий).

2). Траектория инструмента в пределах прохода состоит из участков рабочего и вспомогательного ходов (рис. 1).

Рабочий ход, как правило, включает в себя недоход (1 ÷ 3 мм для предварительно обработанных поверхностей, 5 ÷ 10 мм для необработанных поверхностей), участок резания и перебег (зависит от размера заборного конуса инструмента и принимается больше его длины на 1 ÷ 3 мм; отсутствует при обработке глухих отверстий).

Вспомогательный ход включает быстрый подвод инструмента к обрабатываемому отверстию на величину недохода и его возврат в исходную точку.

3). На участке резания траектория может иметь промежуточные опорные точки, которые характеризуются изменением скоростей подачи и главного движения.

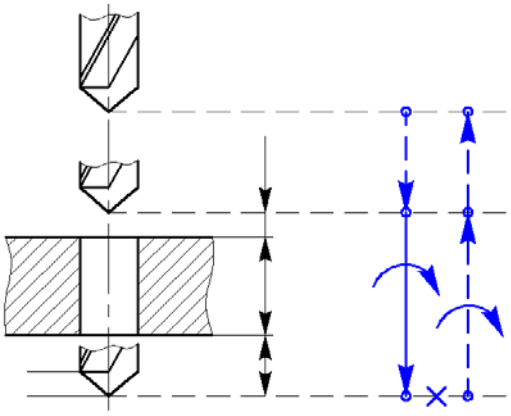

Рис. 1. Вспомогательные и рабочие ходы при обработке сквозного отверстия

Последовательность технологических переходов для обработки каждого из отверстий выбирают с учетом следующих факторов:

1). Возможности станка с ЧПУ, которые определяются точностью позиционирования и поворота стола станка или его инструментальной головки, а также числом позиций инструментального магазина.

2). ***Конфигурация отверстия***, которая характеризуется составом, размерами и взаимным расположением основных и дополнительных элементов отверстия.

Основными элементами отверстия являются гладкие цилиндрические (реже – конические) поверхности различных квалитетов (обычно от 13-го до 7-го). В случае глухих отверстий к основным элементам также относится дно отверстия, форма которого может быть произвольной.

Дополнительными элементами отверстия являются фаски, канавки, резьбы, наружные и внутренние торцы, требующие обработки.

Отверстия, имеющие более одного основного элемента, относятся к ***отверстиям сложной конфигурации***, в которых основные элементы образуют ступени. При этом каждая выделен-

ная ступень обрабатывается за один или несколько типовых переходов.

3). Допустимые отклонения размеров, формы и относительного расположения поверхностей отверстия, которые определяют набор переходов, необходимый для обеспечения требуемой точности ступени отверстия.

Общая последовательность переходов для всей совокупности обрабатываемых отверстий выбирается из условия сведения до минимума времени на вспомогательные перемещения $t_в$ и смену инструмента $t_с$:

$$t_в + t_с = \tau \to \min$$

Различают два основных способа обхода однотипных отверстий инструментами:

1). ***Параллельный способ***, при котором одним инструментом обрабатываются все одинаковые отверстия в детали, затем производится смена инструмента и цикл повторяется. Суммарное время на вспомогательные перемещения и смену инструмента при параллельном способе можно найти следующим образом:

$$\tau_{пар} = \sum_{i=1}^{n} t_{с\,i} + m \cdot \sum_{j=1}^{m} t_{в\,j};$$

где n – число инструментов; m – число отверстий.

2). ***Последовательный способ***, при котором каждое отверстие последовательно обрабатывается по всем переходам. Суммарное время при последовательном способе можно найти по формуле:

$$\tau_{пар} = m \cdot \sum_{i=1}^{n} t_{с\,i} + \sum_{j=1}^{m} t_{в\,j}.$$

Для того, чтобы сравнить $\tau_{пар}$ и $\tau_{пос}$, можно отнять одно от другого, и после преобразований получим следующее выражение:

$$\tau_{пар} - \tau_{пос} = (m-1)\left(\sum_{i=1}^{n} t_{с\,i} - \sum_{j=1}^{m} t_{в\,j}\right).$$

Таким образом, при $\Sigma t_с > \Sigma t_в$ параллельный способ является более производительным, чем последовательный и наоборот.

2.2. Особенности программирования обработки для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы

Программирование для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы в общем случае сводится к кодированию следующих действий:

1) позиционирование инструмента от одной опорной точки (центра отверстия) к другой;

2) запуск циклов обработки отверстий, когда инструмент, располагается над требуемой точкой;

3) замена инструмента и коррекция его длины.

Для упрощения программирования сверлильных и расточных переходов используют ***постоянные циклы обработки отверстий***, которые в общем случае включают в себя следующие действия:

1) быстрое перемещение вдоль оси *Z* из начальной точки цикла до точки начала рабочей подачи (точки возврата);

2) однократный рабочий ход вдоль оси *Z* на заданную глубину отверстия, либо поэтапное заглубление инструмента с периодическим выводом его из отверстия (в конце рабочего хода может присутствовать задержка);

3) вывод инструмента из обрабатываемого отверстия на быстром или рабочем ходу в точку возврата или начальную точку цикла (может быть произведен реверс вращения шпинделя).

Функции *G*81 (сверление и центрование) и *G*82 (сверление с паузой в конце рабочего хода) задают циклы сверления с однократным проходом (рис. 2). При этом *G*81 обычно применяется при сверлении сквозных отверстий, а *G*82 – глухих отверстий (пауза позволяет более качественно очистить дно отверстия).

Кадр, в котором задается цикл сверления с однократным проходом, имеет следующий вид:

N… G81 (G82) X… Y… Z… P… R… K… F… LF

где параметр *P* задает время задержки в конце рабочего хода в микросекундах (игнорируется при использовании *G*81); параметр *K* определяет количество циклов сверления в одном месте (по молчанию *K* имеет значение 1; при записи *K*0 данные о цикле вводятся в память системы ЧПУ, но сам цикл не выполняется).

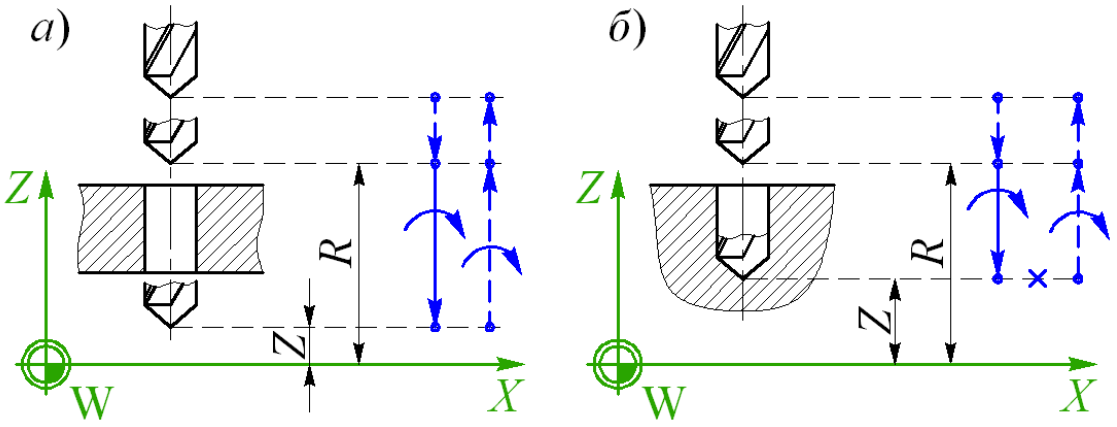

Рис. 2. Циклы сверления с однократным проходом: *а*) цикл *G*81; *б*) цикл *G*82

Функция *G*83 задает цикл глубокого сверления, при котором обработка сопровождается многократным выводом инструмента из отверстия для удаления стружки.

Кадр, в котором задается цикл глубокого сверления, имеет следующий вид:

N… G83 X… Y… Z… Q… R… K… F… LF

где параметр *Q* определяет приращение глубины сверления за один проход (рис. 3).

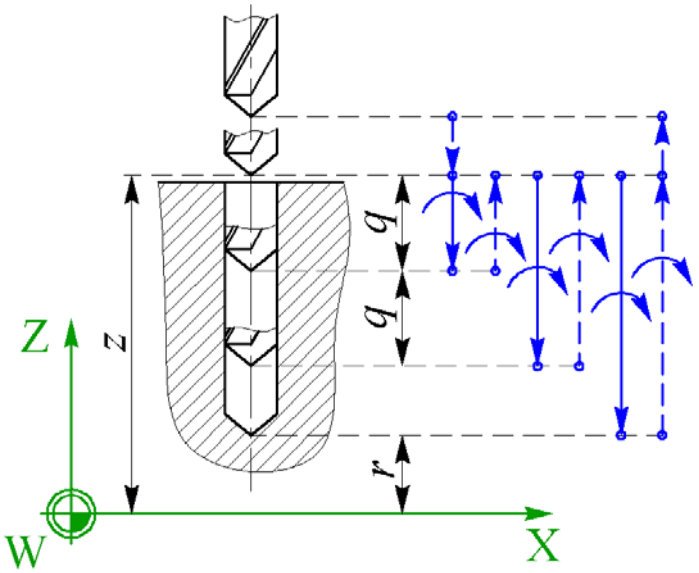

Рис. 3. Цикл глубокого сверления *G*83

Функция *G*84 задает цикл нарезания резьбы метчиком, при котором по достижении заданной глубины осуществляется реверс рабочей подачи и вращения шпинделя.

Кадр, в котором задается цикл нарезания резьбы метчиком, имеет следующий вид:

N… G84 X… Y… Z… R… K… F… LF

Функция *G*85 (растачивание или развертывание) задает самый простой цикл растачивания без задержки в конце рабочего хода (рис. 4). Кадр, в котором программируется цикл растачивания *G*85, записывается следующим образом:

N… G85 X… Y… Z… R… K… F… LF

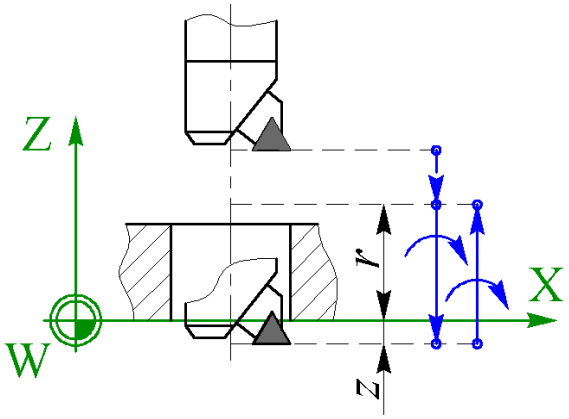

Рис. 5.4. Цикл простого растачивания (развертывания) *G*85

Функция *G*87 (растачивание) задает цикл растачивания с радиальным смещением расточной оправки для ввода инструмента в отверстие на быстром ходу и применяется для растачивания отверстий на обратной подаче (рис. 5). Данный цикл предполагает следующие действия:

1) быстрое перемещение расточной оправки в начальную точку цикла и ее радиальное смещение на величину *q* относительно оси отверстия;

2) быстрое перемещение расточной оправки в точку возврата (координата *r*) и ее радиальное смещение на величину *q* до совмещения с осью отверстия;

3) рабочий ход в точку с координатой *z* с остановкой подачи в конце рабочего хода на время *p*;

4) остановка вращения шпинделя и отвод расточной оправки от обрабатываемой поверхности в радиальном направлении на величину *q*;

5) быстрое перемещение расточной оправки вдоль оси *Z* в начальную точку (по умолчанию) или в точку возврата;

6) совмещение оси вращения шпинделя с ось отверстия.

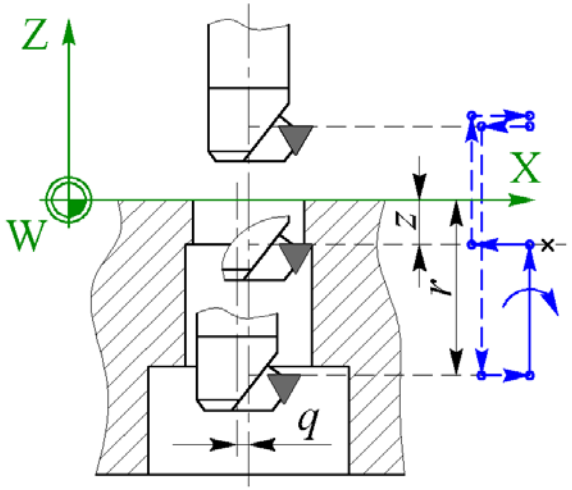

Рис. 4.5. Цикл растачивания с радиальным смещением, задаваемый функцией *G*87

Кадр, в котором программируется цикл растачивания, задаваемый функцией *G*87, имеет следующий вид:

N… G87 X… Y… Z… Q… R… K… F… LF

где параметр ***Q*** определяет значение ***q*** радиального смещения расточной оправки (рис. 5).

Для стержневых и расточных инструментов, применяемых для обработки отверстий, требуется указать только коррекцию на длину инструмента без указания коррекции на диаметр.

Для станков сверлильно-расточной группы задание коррекции на длину инструмента производится функцией *G*43 (*G*44), если инструмент короче (длиннее) запрограммированного. При этом в корректор заносится абсолютная разность Δz между расчетной z_0 и действительной z_1 координатой центра инструмента.

Отсюда кадр УП, в котором задается коррекция на длину инструмента, будет иметь следующий вид:

N… G43 (G44) Z… T… LF

Слово *H*00 или функция *G*49 используются для отмены коррекции на длину инструмента.

4.3. Порядок выполнения работы

Данная практическая работа предполагает выполнение следующих этапов:

1). Изучить методические указания к лабораторной работе.

2). Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.

3). На основе конфигурации отверстий в детали (рис. 6 – 5.10), их размеров и точности (табл. 1 – 5) составить последовательность технологических переходов для обработки каждого отверстия. Для одинаковых отверстий составить одну последовательность.

4). Для разнотипных переходов произвести выбор режущих инструментов и построить схемы обработки отверстий.

5). Составить общую для всех отверстий последовательность технологических переходов

5). Построить расчетно-технологическую карту для данной операции.

6). На основе полученных данных составить текст управляющей программы

7). Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

5. Индивидуальные варианты заданий

Режимы обработки необходимо произвольно выбрать из следующих диапазонов: подача 440÷560 мм/мин, скорость вращения шпинделя 35÷50 м/мин. При программировании обработки отверстий, расположенных под углом к плоскостям детали, размерные перемещения следует задавать в полярной системе координат.

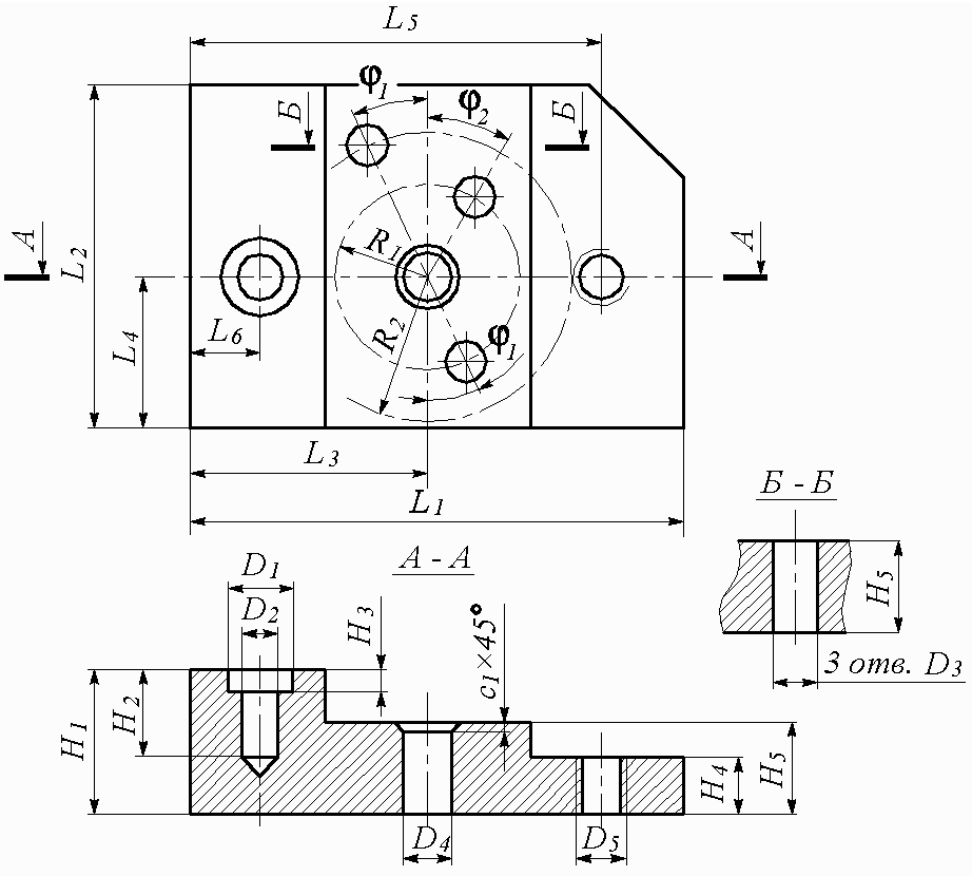

Рис. 6. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 1

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер	**Вариант**				
	1	**6**	**11**	**16**	**21**
L_1	130	150	155	150	130

L_2	100	110	115	100	110
L_3	60	60	65	60	60
L_4	40	50	50	40	40
L_5	110	115	120	115	115
L_6	9	11	11	9	9
D_1	12	15	15	12	13
D_2	8	10	11	7	9
D_3	10	8	8	10	7
D_4	11Н7	9Н7	12Н7	10Н8	8Н7
D_5	9М	6М	7М	8М	6М
H_1	20	25	30	25	24
H_2	10	18	17	10	12
H_3	4	6	6	4	5
H_4	10	9	10	8	11
H_5	12	15	15	13	15
R_1	38	40	40	38	38
R_2	30	30	30	30	32
c_1	2	1	3	2	3
φ_1	20°	22°	25°	21°	23°
φ_2	25°	20°	25°	24°	23°

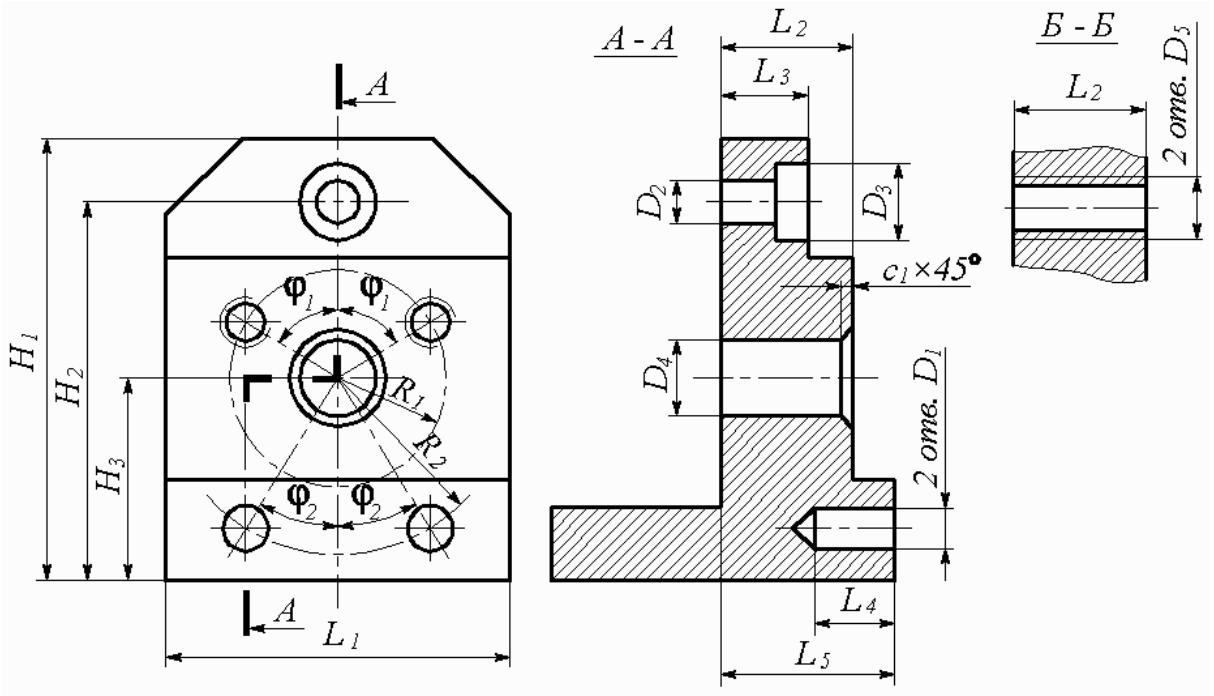

Рис. 7. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 2

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер	**Вариант**				
	2	**7**	**12**	**17**	**22**
L_1	90	86	95	88	98
L_2	30	35	35	37	38
L_3	20	20	25	27	28
L_4	15	20	20	17	18
L_5	40	40	45	42	43
D_1	10	12	11	13	10
D_2	8	10	9	8	7
D_3	14	13	15	12	13
D_4	15H7	13H8	14H7	16H8	12H7
D_5	7M	9M	10M	8M	9M
H_1	130	140	150	132	132
H_2	115	120	125	117	117
H_3	60	70	70	62	62
R_1	40	45	47	42	42
R_2	55	65	65	57	57
c_1	2	3	2	2	3
φ_1	20°	18°	22°	24°	20°
φ_2	18°	22°	25°	25°	20°

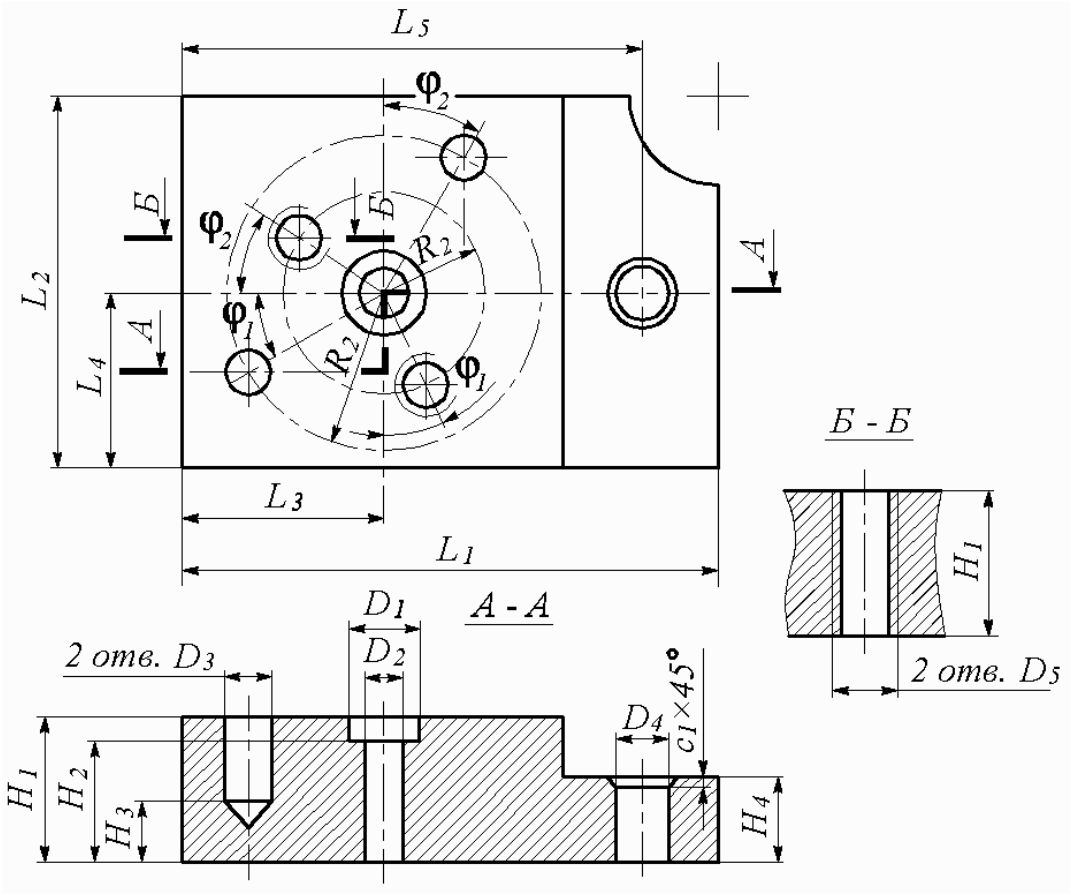

Рис. 8. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 3

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер	**Вариант**				
	3	**8**	**13**	**18**	**23**
L_1	150	152	148	153	150
L_2	130	131	129	132	135
L_3	55	55	52	55	55
L_4	60	61	57	60	63
L_5	130	130	126	132	132
D_1	14	12	15	14	12
D_2	11	10	11	10	9
D_3	8	9	7	8	7
D_4	15H7	17H8	14H7	13H7	16H8
D_5	13M	10M	12M	13M	10M
H_1	30	32	30	31	35

H_2	26	25	23	26	29
H_3	6	8	8	9	11
H_4	12	10	10	13	15
R_1	50	50	55	50	52
R_2	38	40	35	40	37
c_1	3	2	2	3	2
φ_1	24°	25°	23°	24°	27°
φ_2	26°	25°	23°	27°	29°

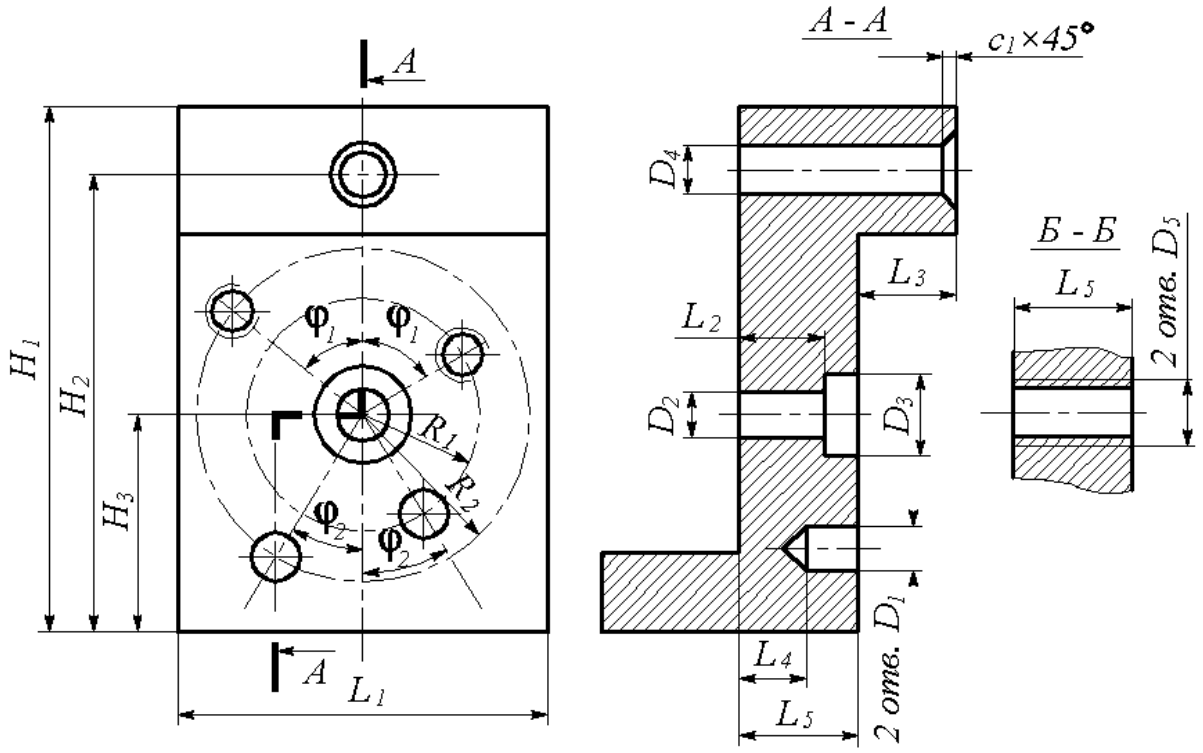

Рис. 9. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 4

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер	**Вариант**				
	4	**9**	**14**	**19**	**24**
L_1	80	85	75	82	80
L_2	30	32	25	35	35
L_3	13	14	10	15	14
L_4	6	15	5	8	9
L_5	40	45	35	45	45

D_1	10	12	10	7	9
D_2	12	15	13	12	15
D_3	16	18	19	15	17
D_4	15H7	13H8	12H7	14H7	11H7
D_5	10M	7M	8M	10M	9M
H_1	150	160	140	155	155
H_2	135	130	125	130	140
H_3	65	60	55	60	62
R_1	30	32	30	35	40
R_2	50	50	48	50	48
c_1	2	2	3	3	2
φ_1	28°	30°	25°	27°	28°
φ_2	25°	30°	29°	28°	29°

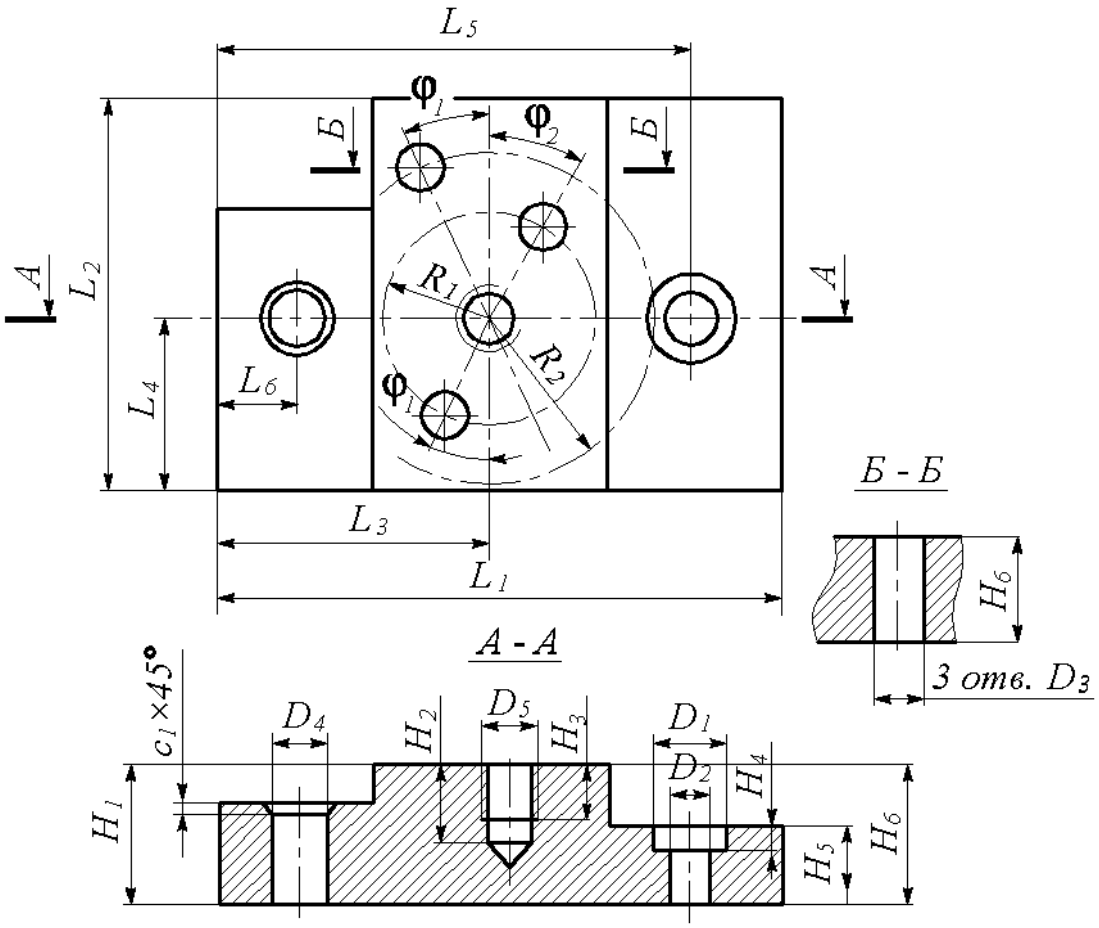

Рис. 10. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Таблица 5

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Размер	**Вариант**				
	5	**10**	**15**	**20**	**25**
L_1	180	170	185	182	178
L_2	100	100	115	98	110
L_3	80	82	85	85	80
L_4	45	40	52	45	43
L_5	160	155	160	164	160
L_6	12	10	12	10	13
D_1	17	16	19	15	18
D_2	13	10	14	10	12
D_3	14	12	10	8	11
D_4	18H7	19H10	15H7	20H8	16H7
D_5	17M	13M	16M	14M	13M
H_1	45	49	50	40	42
H_2	30	35	38	35	30
H_3	12	28	30	25	25
H_4	7	6	7	6	7
H_5	20	22	23	20	22
H_6	45	49	50	40	42
R_1	30	27	25	32	24
R_2	40	35	45	40	38
c_1	2	3	3	2	4
φ_1	30°	25°	20°	30°	32°
φ_2	32°	22°	22°	30°	28°

6. Контрольные вопросы

1. Каковы основные технологические особенности обработки отверстий на станках с ЧПУ?

2. Что относится к основным и дополнительным элементам отверстий?

3. В чем заключаются отличия параллельного и последовательного способов обхода инструментами однотипных отверстий?

4. Какими функциями кодируются ускоренные перемещения при сверлильно-расточной обработке?

6. Из каких действий состоит постоянный цикл обработки отверстия?

7. Какими функциями задаются постоянные циклы обработки отверстий?

8. Какими командами производится вызов и отмена коррекции инструмента на вылет при программировании обработки на сверлильно-расточных станках с ЧПУ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серебреницкий П.П. Программирование автоматизированного оборудования: учебник для вузов: В 2 ч. Ч. 1. / П.П. Серебреницкий, А.Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2008. – 576 с.

2. Серебреницкий П.П. Программирование автоматизированного оборудования: учебник для вузов: В 2 ч. Ч. 2. / П.П. Серебреницкий, А.Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2008. – 301 с.

3. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. – М.: «Эльф ИПР», 2006. – 286 с.

4. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2005. – 296 с.

5. Устройство ЧПУ NC-110, NC-200, NC-210. Руководство оператора. – СПб.: Балт-Систем, 2004. – 150 с.

6. Каштальян И.А., Клевзович В.И. Обработка на станках с числовым программным управлением: Справ. пособие. – Мн.: 1989. – 271 с.

7. Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация / М.А. Босинзон; под ред. Б.И. Черпакова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

П.1. Выбор последовательности переходов для обработки отверстия

Таблица П.1

Типовые переходы для крепежных отверстий

Переходы	Квалитет												
	H7			H8 – H10		H11		H12		H13		H14	
	при диаметре, мм												
	до 10	10–15	15–30	до 15	15–30	до 15	15–30	до 15	15–30	до 15	15–30	до 16	16–24
Центрование	+	+		+		+		+		+		+	
Сверление	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рассверлива-ние			+		+		+		+		+		+
Зенкерование		+	+		+		+						
Цекование										+	+		
Зенкование	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Развертывание предваритель-ное	+	+	+										
Развертывание окончательное	+	+	+	+	+								