

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

ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 16К20Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ NC-201

**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 2026

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

1. Цель работы

Цель работы – приобрести умение составлять управляющие программы для токарных станков с ЧПУ на примере станка 16K20Ф3 с устройством ЧПУ NC-201

2. Основные теоретические сведения

2.1. Основные особенности программирования токарных станков с ЧПУ

Размерные перемещения у токарных станков с ЧПУ кодируют с адресами X (радиальное) и Z (продольное). В большинстве устройств ЧПУ с адресом X в абсолютных размерах указывается диаметральный размер, а в приращениях – радиальное смещение. Кроме того, размеры в приращениях могут кодироваться с адресами U (вдоль оси X) и W (вдоль оси Z) без указания функции G91.

По технологическому признаку геометрические элементы контура детали разделяют на основные и дополнительные.

Основные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\phi = 95^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\phi_1 = 30^\circ$. Для наружных и торцевых поверхностей такой резец принадлежит к числу проходных, для внутренних – к числу расточных. К основным элементам относятся главным образом цилиндрические, конические и фасонные поверхности вращения, а также плоскости торцов и уступов.

Дополнительные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, формообразование которых не может быть выполнено указанным резцом для обработки основных элементов. К дополнительным элементам относятся торцевые и угловые канавки для выхода

шлифовального круга, канавки на наружных и внутренних поверхностях, резьбовые поверхности.

При разработке операционной технологии рассмотрению также подлежит контур заготовки, который в условиях мелко- и среднесерийного производства обычно представляет собой прямоугольник (заготовка – резанный прокат). При диаметрах заготовок 50 мм и выше применяют штучные заготовки на одну деталь. Для деталей, максимальный диаметр которых меньше 50 мм, можно использовать одну заготовку на несколько деталей. Заготовки деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцов подрезан.

В условиях крупносерийного и массового производства заготовки, как правило, являются фасонными (штамповки, поковки, литье). Контур таких заготовок является похожим на контур детали и состоит из отрезков прямых и дуг окружностей.

Между контурами детали и заготовки располагается тот материал (припуск), который должен быть удален в процессе обработки на токарном станке с ЧПУ. В этом удаляемом материале можно выделить черновую и чистовую области обработки.

Область черновой обработки (область выборки объемов материала) представляет собой слой материала, расположенный между контуром заготовки и черновым контуром детали.

Черновым контуром детали называют контур, который должен быть получен перед осуществлением чистовой обработки за счет удаления объемов материала над основными элементами и обработки дополнительных элементов.

Областью чистовой обработки является слой материала, в процессе удаления которого должна быть обеспечена требуемая точность размеров, формы и относительного расположения поверхностей детали. Данная область обработки располагается между черновым и чистовым контурами детали.

Чистовым контуром детали называется контур, который должен быть получен по окончании токарной операции. Этот контур может не совпадать с контуром детали, если после токарной операции предусмотрены другие операции обработки.

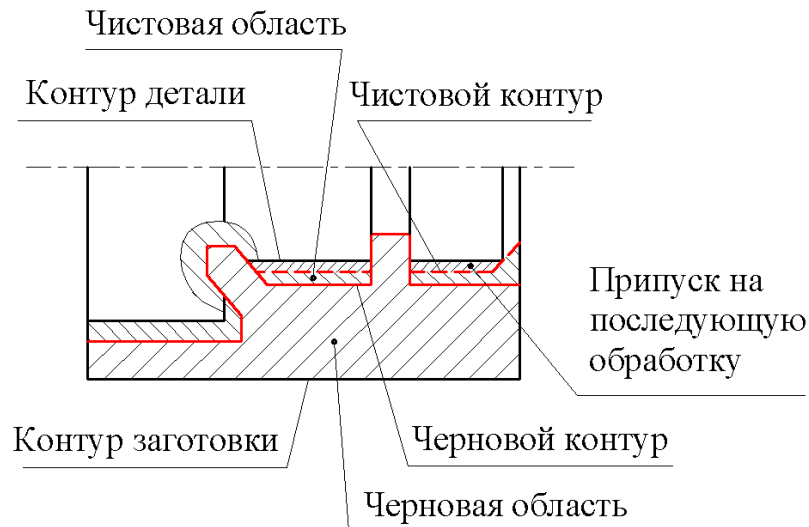


Рис. 1 Контуры детали и области токарной обработки

Поскольку черновая обработка обычно осуществляется за несколько переходов, то область черновой обработки разбивают на зоны обработки, соответствующие одному технологическому переходу. В зависимости от конфигурации черного контура детали выделяют следующие зоны обработки:

- 1) открытые зоны (ограничены черновым контуром с одной стороны) (рис. 2 а);
- 2) полуоткрытые зоны (ограничены черновым контуром с двух сторон) (рис. 2 б);
- 3) закрытые зоны (ограничены черновым контуром с трех сторон) (рис. 2 в).

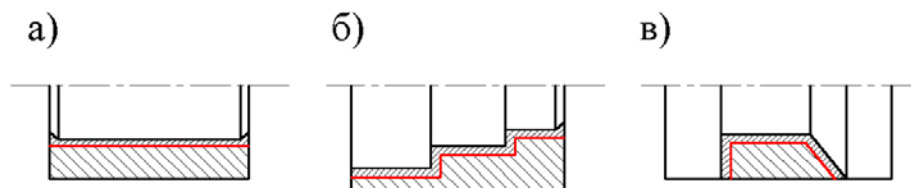


Рис. 2 Зоны токарной обработки: а) открытая; б) полуоткрытая; в) закрытая

3.2.2. Программирование профиля и циклов токарной обработки

В системе NC-201 при токарной обработке задание круговой интерполяции имеет следующие особенности:

- положение центра C дуги окружности задается от нуля детали (рис. 3);
- координата центра C дуги вдоль оси Z определяется параметром I , а вдоль оси X – параметром J ;
- значение параметра J задается диаметральной размер.

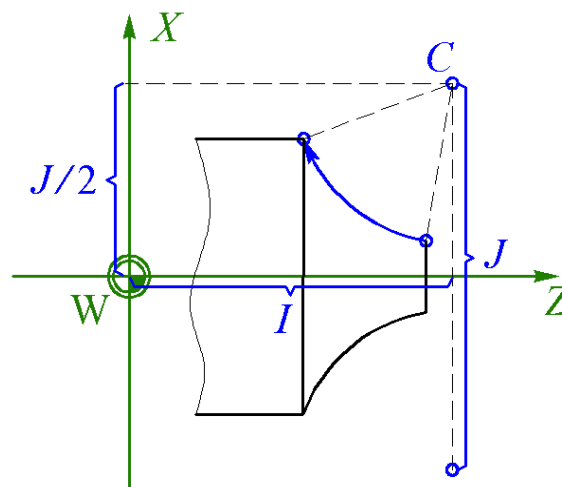


Рис. 3. Параметры круговой интерполяции в системе NC-201 (токарная обработка)

Коррекция на радиус режущей кромки инструмента вызывается функциями G41 и G42, выбор которых зависит от расположения инструмента относительно обрабатываемого контура. Функция G41 (G42) используется в том случае, когда инструмент расположен слева (справа) от обрабатываемого контура, если смотреть в направлении его движения (рис. 3.4).

При задании коррекции резца на радиус его режущей кромки необходимо учитывать положение его центра в плоскости. Для учета различных вариантов расположения центра инструмента в плоскости используются цифровые коды, примеры которых приведены на рис. 5.

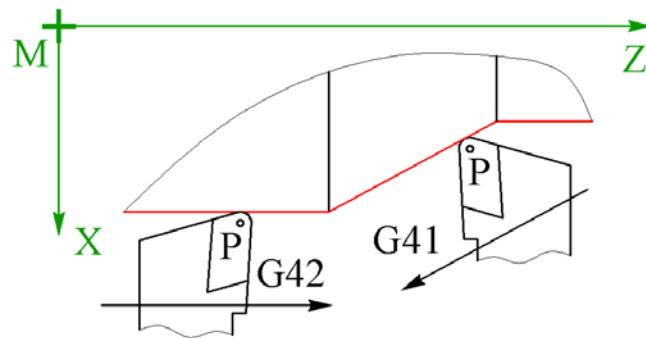


Рис. 4. Случаи использования функций G41 и G42 при токарной обработке

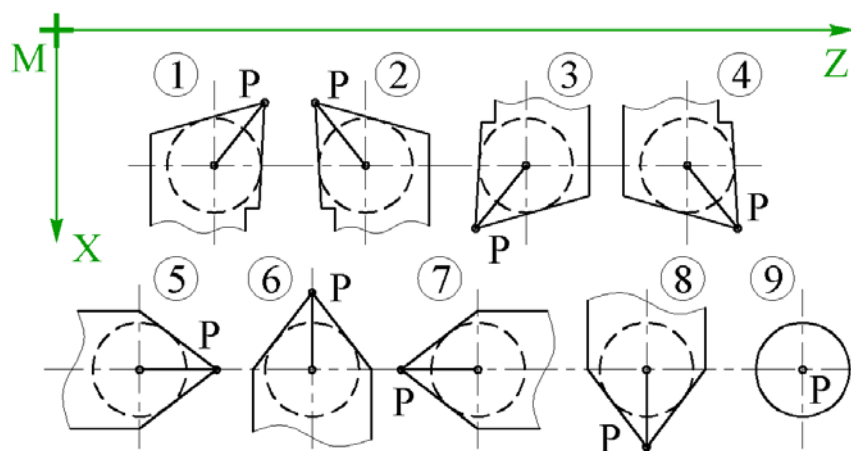


Рис. 5. Варианты положения центра инструмента в плоскости

В системе NC-201 существует возможность описать профиль детали и использовать это описание для реализации циклов многопроходной токарной обработки.

Определение профиля осуществляется с помощью трехбуквенного оператора *DFP*, который позволяет сохранить до 8 профилей. Внутри каждого профиля можно определить до 16 геометрических элементов траектории.

Запомненные профили могут вызываться из циклов черновой или чистовой токарной обработки (*SPA*, *SPF*, *SPP*, *CLP*).

При описании профиля следует соблюдать следующие правила:

1). Все кадры профиля должны содержать рабочие перемещения ($G1, G2, G3$). Быстрое позиционирование $G0$ может быть задано только в первом кадре.

2). Функция подачи F может программироваться внутри профиля, но она будет активизирована только во время цикла чистовой обработки этого профиля.

3). Определение профиля DFP всегда должно заканчиваться оператором EPF и предшествовать соответствующему циклу обработки.

Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси X , используется следующий формат:

(SPA, X, n, L..., X..., Z...)

Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси Z , используется следующий формат:

(SPA, Z, n, L..., X..., Z...)

где:

- n – номер профиля, ранее запомненного с DFP (может изменяться от 1 до 8);

- X – радиальный припуск по оси X ;

- Z – радиальный припуск по оси Z ;

- L – число черновых проходов. Может изменяться от 1 до 255.

X и Z можно пропустить. Если они присутствуют, то всегда должны иметь положительную величину.

Для программирования черновой обработки, параллельной оси X с конечной обработкой вдоль профиля, используется следующий формат:

(SPF, X, n, L..., X..., Z...)

Для программирования черновой обработки параллельной оси Z , используется формат:

(SPF, Z, n, L..., X..., Z...)

2.3. Программирование нарезания резьбы с помощью резьбового резца

Проход для нарезания резьбы с помощью резьбового резца задается функцией *G33*. При этом устанавливается синхронность главного движения и движения подачи. Формат кадра, в котором задается проход для нарезания резьбы, в общем случае имеет следующий вид:

N... G33 X... Z... K... I... R... LF

В приведенном кадре параметр *K* задает шаг резьбы, *I* – изменение шага резьбы, *R* – угол поворота шпинделя в градусах относительно нулевого положения шпинделя. При нарезании цилиндрической или конической резьбы с постоянным шагом в кадре достаточно указать лишь параметр *K*.

Для уменьшения динамической ошибки траектории при изменении направления движения инструмента с помощью функции *G09* кодируют торможение в конце отработки кадра.

Цикл нарезания резьбы *FIL* позволяет программировать в одном кадре нарезание цилиндрической или конической резьбы за несколько проходов. Формат кадра при использовании трехбуквенного кода *FIL* имеет следующий вид:

N... (FIL, Z..., X..., K..., R..., T..., L..., P...) LF

где *Z...*, *X...* – координаты конечной точки при нарезании резьбы;

K... – шаг резьбы (знак определяет ось вдоль которой выполняется резьба: + вдоль оси *Z*, – вдоль оси *X*);

R... – расстояние между инструментом и деталью (по умолчанию $r=1$ мм);

Txxxx – четырех цифровой код, определяющий тип нарезаемой резьбы (по умолчанию задан код *T0000*):

Цифра 1:

- 0 – нарезание с конечным пазом;
- 1 – нарезание без конечного паза.

Цифра 2:

- 0 – внешнее нарезание резьбы;
- 1 – внутреннее нарезание резьбы.

80

Цифра 3:

- 0 – метрическая резьба;
- 1 – дюймовая резьба.

$L...$ – число проходов для черновой $l_{\text{чер}}$ и чистовой обработки $l_{\text{чис}}$;

$P...$ – число заходов резьбы (по умолчанию 1).

3. Порядок выполнения работы

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

- 1). Изучить методические указания к лабораторной работе.
- 2). Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
- 3). Составить текст управляющей программы для обработки заданной детали (рис. 6 и 7).
- 4). Включить комплекс «станок с ЧПУ».
- 5). Вывести рабочий орган в фиксированную точку станка и определить положение нуля детали относительно нуля станка.
- 6). Произвести настройку необходимых режущих инструментов относительно нулевого инструмента.
- 7). Ввести с пульта текст подготовленной управляющей программы.
- 8). Заблокировать оси и осуществить отладку управляющей программы. Произвести проверку правильности траектории инструментов с помощью графической видеостраницы.
- 9). Выполнить обработку по управляющей программе.
- 10). Выключить комплекс «станок с ЧПУ» и произвести уборку стружки.
- 11). Выполнить индивидуальный вариант задания в соответствии с эскизами деталей, показанными на рис. 8 – 12, и их размерами, приведенными в табл. 1 – 5.
- 12). Оформить и защитить отчет.

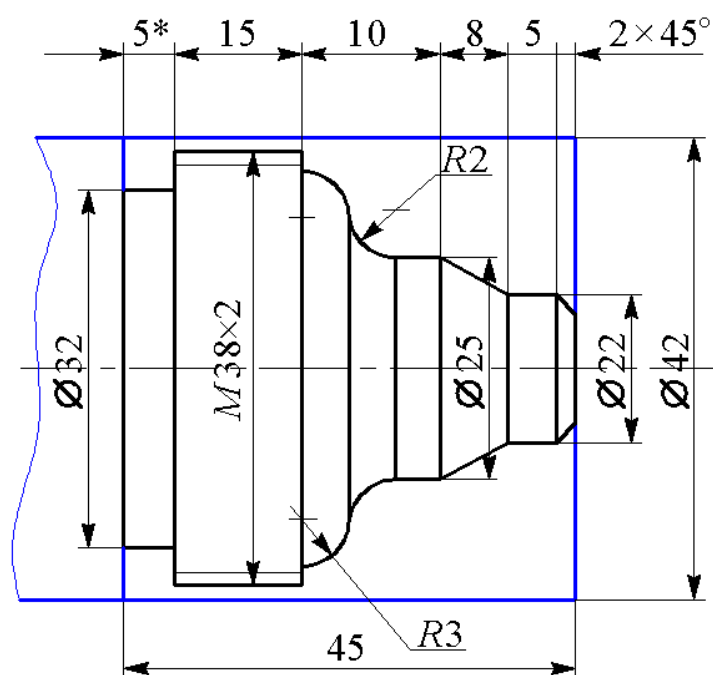


Рис. 6. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 1

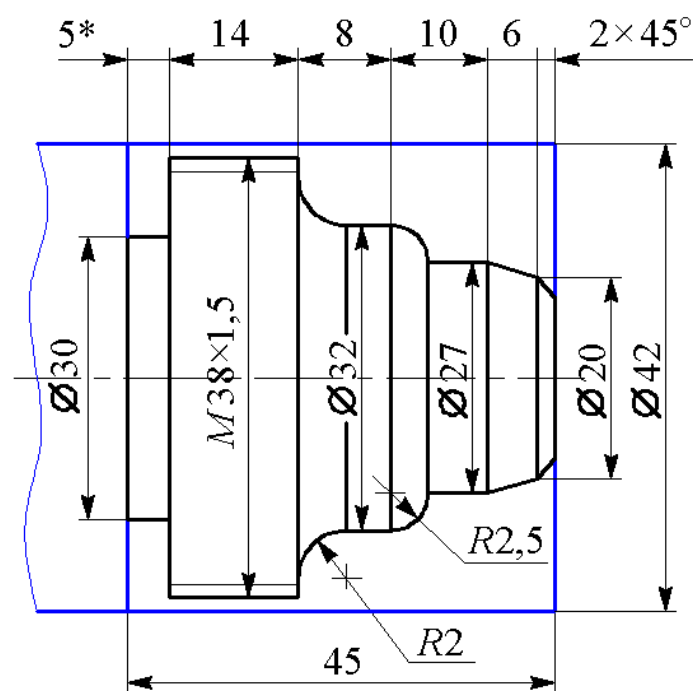


Рис. 7. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 2

4. Индивидуальные варианты задания

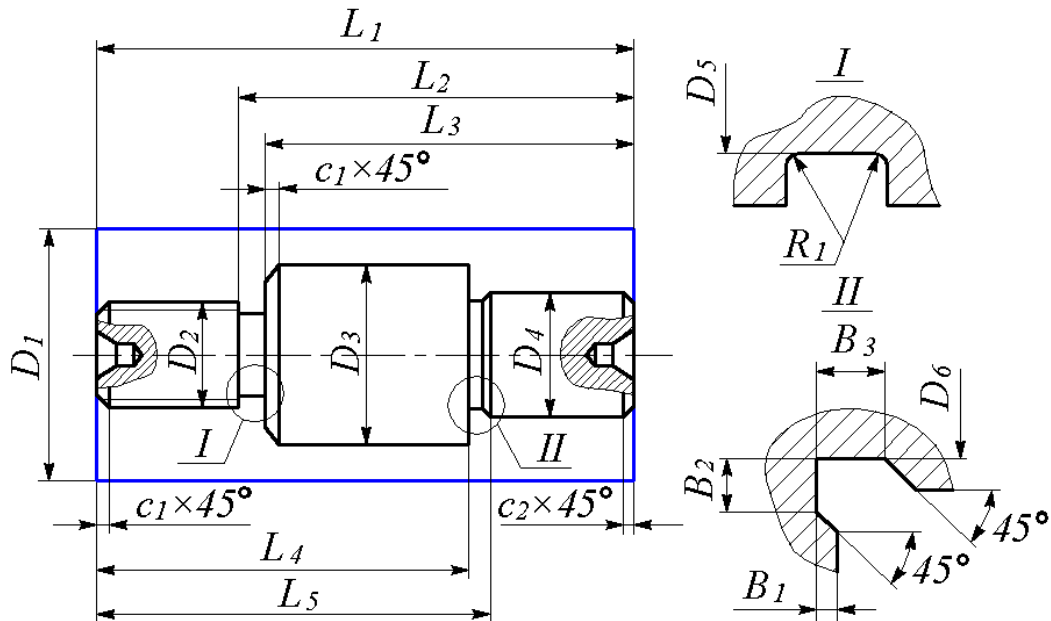


Рис. 8. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 1

Размеры детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер	Вариант				
	1	6	11	16	21
L_1	81	89,1	72,9	101,25	60,75
L_2	59	64,9	53,1	73,75	44,25
L_3	54	59,4	48,6	67,5	40,5
L_4	57	62,7	53,1	71,25	42,75
L_5	67	73,7	60,3	83,75	50,25
D_1	49	53,9	44,1	61,25	36,75
D_2	26	28,6	23,4	32,5	19,5
D_3	42	46,2	37,8	52,5	31,5
D_4	30	33	27	37,5	22,5
D_5	20	22	18	25	15
D_6	24	26,4	21,6	30	18
C_1	2,5	2,75	2,25	3,13	1,88
C_2	3	3,3	2,7	3,75	2,25
B_1	2	2,2	1,8	2,5	1,5
B_2	5	5,5	4,5	6,25	3,75
B_3	7	7,7	6,3	8,75	5,25
R_1	1	1,1	0,9	1,25	0,75

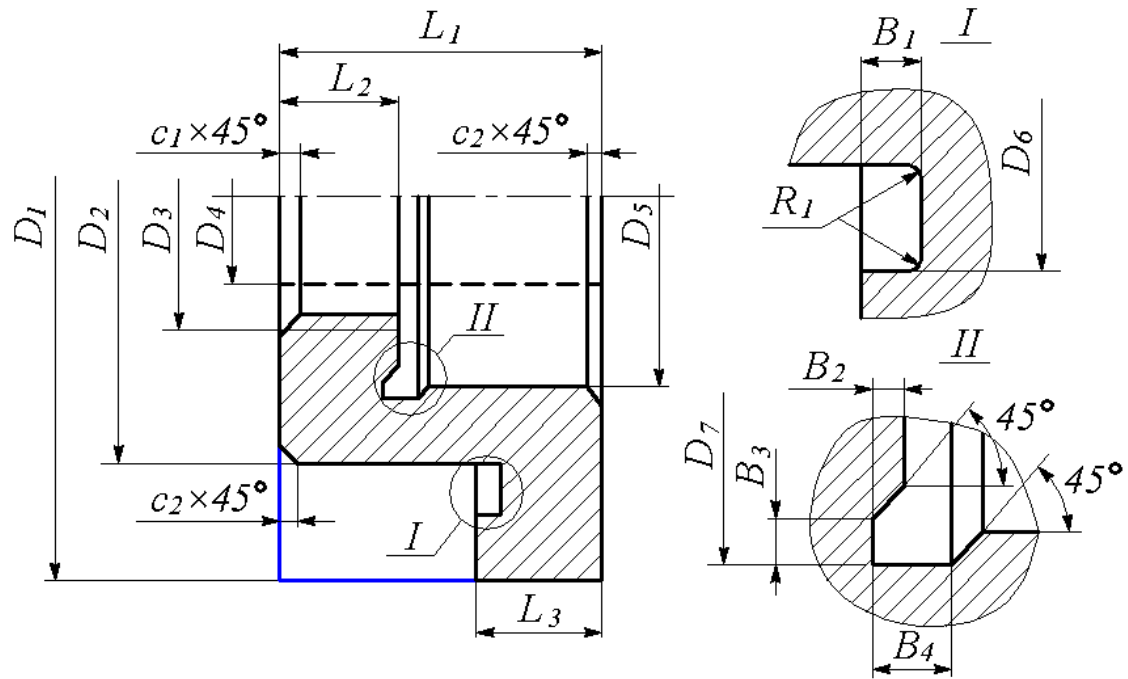


Рис. 9 Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 2

Размеры детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер	Вариант				
	2	7	12	17	22
L_1	64	70,4	76,79	83,19	89,59
L_2	34	37,4	40,8	44,2	47,6
L_3	25	27,5	30	32,5	35
D_1	120	132	144	156	168
D_2	90	100	108	117	126
D_3	40	44	48	52	56
D_4	24	26,4	28,8	31,2	33,6
D_5	66	72,6	79,2	85,8	92,4
D_6	98	107,8	117,6	127,4	137,2
D_7	71	78	85,2	92,3	99,4
C_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
C_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
B_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_3	4	4,4	4,8	5,2	5,6
B_4	5	5,5	6	6,5	7
R_1	1	1,1	1,2	1,3	1,4

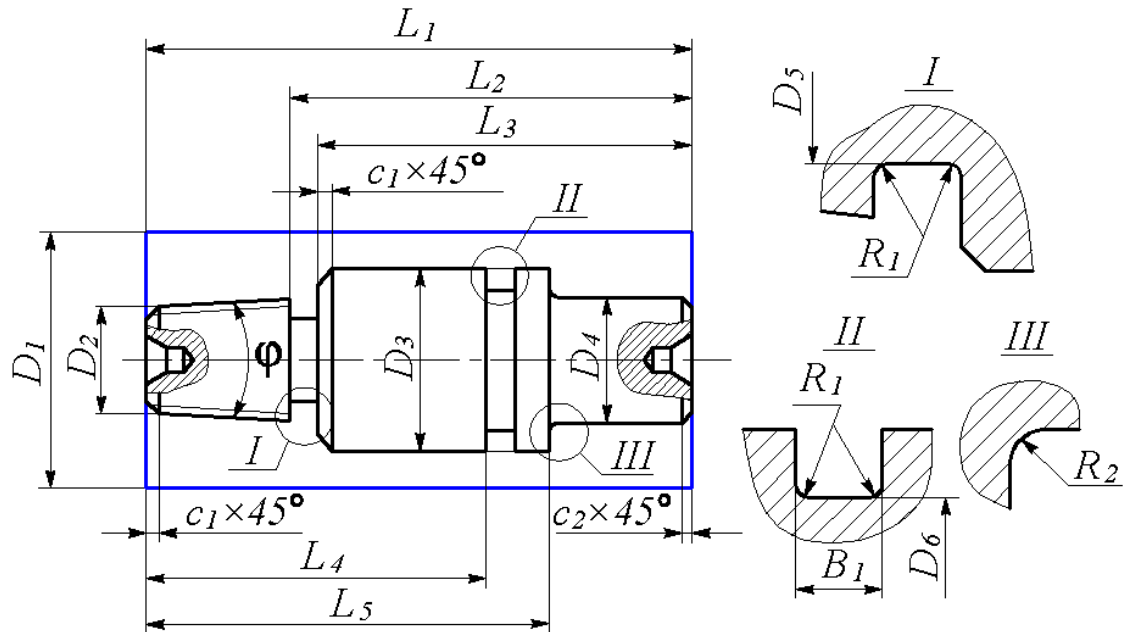


Рис. 10. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 3

Размеры детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер	Вариант				
	3	8	13	18	23
L_1	120	132	144	156	168
L_2	92	101,2	110,4	119,6	128,8
L_3	85	93,5	102	110,5	119
L_4	80	88	96	104	112
L_5	92	101,2	110,4	119,6	128,8
D_1	80	88	96	104	112
D_2	32,56	35,82	39,07	42,33	45,58
D_3	60	66	72	78	84
D_4	48	52,8	57,6	62,4	67,2
D_5	28	30,8	33,6	36,4	39,2
D_6	52	57,2	62,4	67,6	72,8
C_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
C_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
B_1	5	5,5	6	6,5	7
R_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
R_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
φ	14	14	14	14	14

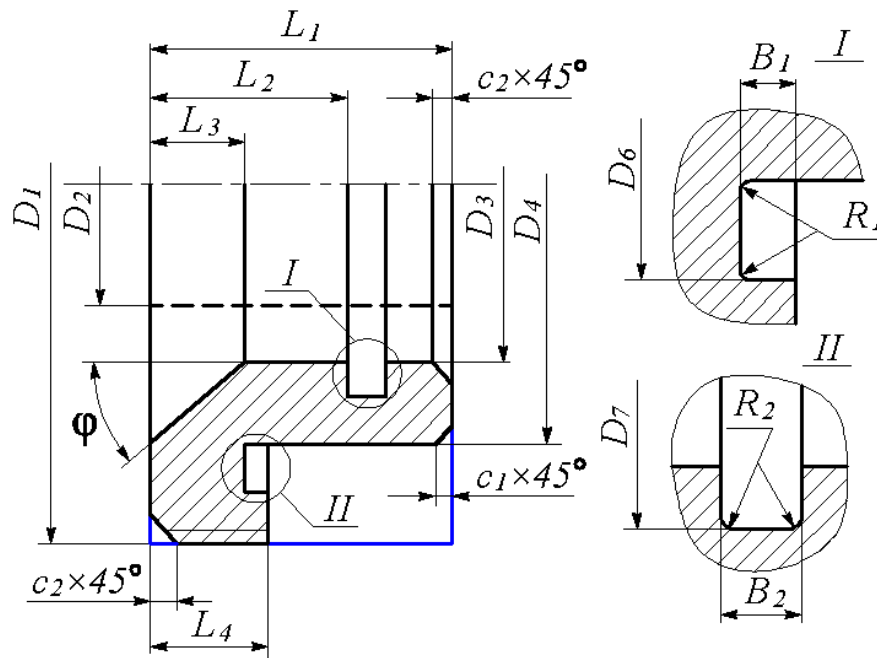


Рис. 11. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 4

Размеры детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер	Вариант				
	4	9	14	19	24
L_1	60	66	72	78	84
L_2	36	39,6	43,2	46,8	50,4
L_3	18	19,8	21,6	23,4	25,2
L_4	25	27,5	30	32,5	35
D_1	100	110	120	130	140
D_2	30	33	36	39	42
D_3	48	52,8	57,6	62,4	67,2
D_4	72	79,2	86,4	93,6	100,8
D_6	84	92,4	100,8	109,2	117,6
D_7	56	61,6	67,2	72,8	78,4
C_1	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
C_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
B_2	5	5,5	6	6,5	7
R_1	1	1,1	1,2	1,3	1,4
R_2	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
φ	25	24	26	25	25

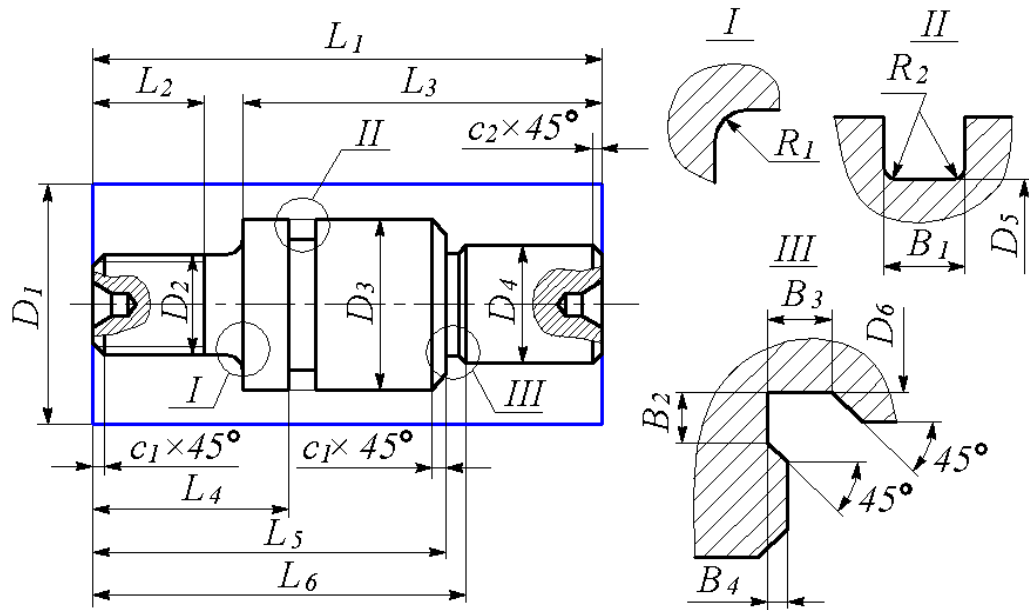


Рис. 12. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Таблица 5

Размеры детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Размер	Вариант				
	5	10	15	20	25
L_1	112	123,2	134,4	145,6	156,8
L_2	20	22	24	26	28
L_3	86	94,6	103,2	111,8	120,4
L_4	33	36,3	39,6	42,9	46,2
L_5	75	82,5	90	97,5	105
L_6	82	90,2	98,4	106,6	114,8
D_1	80	88	96	104	112
D_2	44	48,4	52,8	57,2	61,6
D_3	72	79,2	86,4	93,6	100,8
D_4	54	59,4	64,8	70,2	75,6
D_5	60	66	72	78	84
D_6	50	55	60	65	70
C_1	2,5	2,75	3	3,25	3,5
C_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
B_1	5	5,5	6	6,5	7
B_2	5	5,5	6	6,5	7
B_3	6	6,5	7	7,5	8
R_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
R_2	1	1,1	1,2	1,3	1,4

5. Контрольные вопросы

1. Каковы особенности записи размерных перемещений в управляющих программах для токарных станков с ЧПУ?
2. По какому признаку разделяют основные и дополнительные элементы контура детали при токарной обработке?
3. Какие выделяют типовые схемы движения инструмента при токарной обработке?
4. Каковы основные особенности программирования круговой интерполяции в системе NC-201?
5. Как осуществляется вызов и отмена коррекции на радиус режущей кромки при вершине резца?
6. Каким образом в системе NC-201 производится определение профиля детали?
7. С помощью каких циклов токарной обработки в системе NC-201 может быть произведен вызов профиля детали?
8. Каким образом кодируется проход для нарезания резьбы резцом при токарной обработке?
9. Каков формат цикла нарезания резьбы в системе NC-201?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

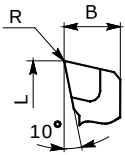
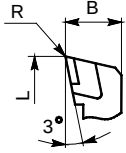
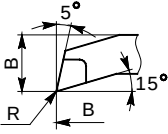
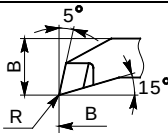
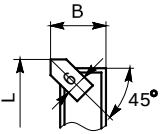
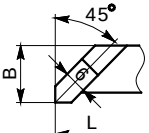
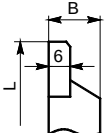
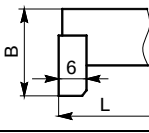
1. Серебrenицкий П.П. Программирование автоматизированного оборудования: учебник для вузов: В 2 ч. Ч. 1. / П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2008. – 576 с.
2. Серебrenицкий П.П. Программирование автоматизированного оборудования: учебник для вузов: В 2 ч. Ч. 2. / П.П. Серебrenицкий, А.Г.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

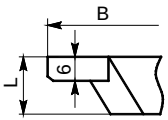
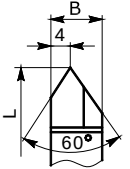
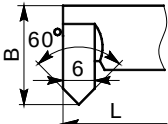
ПРИЛОЖЕНИЕ

П.1. Режущие инструменты для токарной обработки

Таблица П.1

Режущие инструменты

№	Наименование	Эскиз	Обозначение	Размеры, мм		
				L	B	R
1	Резец проходной ГОСТ 18880-73		2103-0003	120	18	0.4
			2103-0007	140	24	0.4
			2103-0009	170	30	0.7
2	Резец контурный ГОСТ 20872-80		2101-0601	150	25	0.5
3	Резец расточный проходной ГОСТ 18880-73		2141-0002	120	19.5	0.4
			2141-0004	140	20.5	0.4
			2141-0005	170	20.5	0.4
4	Резец расточный контурный ГОСТ 18880-73		2141-0555	140	19.5	0.5
5	Резец для угловых канавок ТУ 2-035-588-77		—	140	24	—
6	Резец расточный для угловых канавок ТУ 2-035-588-77		—	140	24	—
7	Резец прорезной ТУ 2-035-588-77		—	170	16	—
8	Резец прорезной расточный ТУ 2-035-588-77		—	170	25	—

№	Наименование	Эскиз	Обозначение	Размеры, мм		
				L	B	R
9	Резец для торцевых канавок ТУ 2-035-588-77		—	170	16	—
10	Резец резьбовой для наружной резьбы ГОСТ 18885-73		2660-0003	140	16	—
11	Резец резьбовой для внутренней резьбы ГОСТ 18885-73		2662-0005	170	25	—