

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Практикум
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2021

УДК 621.9.06-529:004 (076.5) (075.8)

ББК 34.63-5я7

Т38

Составители:

М. А. Леванцевич, Е. Ф. Коновалова, К. Э. Рудак

Рецензенты:

В. Л. Басинюк;

кафедра «Технология металлов» УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Т38

Технология обработки на станках с ЧПУ: практикум для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / сост.: М. А. Леванцевич, Е. Ф. Коновалова, К. Э. Рудак. – Минск: БНТУ, 2021. – 89 с.
ISBN 978-985-583-191-5.

В практикуме приведены основные положения программирования с использованием системы числового программного управления SINUMERIC при изучении дисциплины «Технология обработки на станках с ЧПУ». Дана методика выполнения лабораторных работ и контрольной работы для обработки детали на токарном станке Concert Turn 250, а также варианты заданий для их выполнения.

Практикум предназначен для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», а также может быть использован студентами других машиностроительных специальностей.

УДК 621.9.06-529:004 (076.5) (075.8)

ББК 34.63-5я7

ISBN 918-985-583-191-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Оборудование с ЧПУ совмещает гибкость универсального и высокую производительность специального автоматического оборудования, что существенно меняет характер производства, делает его мобильным, удовлетворяющим требованиям по непрерывному усовершенствованию и обновлению продукции машиностроения.

Практикум ориентирован на формирование теоретических знаний и практических умений и навыков наладки, настройки и программирования обработки на станках с ЧПУ.

В издании приведены четыре лабораторные работы:

1. Разработка операции механической обработки детали, выполняемой на токарном станке с ЧПУ – рассматриваются устройство токарного станка с ЧПУ модели Concept Turn 250, техническая характеристика системы числового программного управления SINUMERIC фирмы SIEMENS, представлена необходимая информация о связи систем координат станка, детали и режущего инструмента, рассмотрены особенности проектирования технологической операции механической обработки на станке, дана геометрическая информация по типовой детали, необходимая для подготовки программы.

2. Разработка управляющей программы для обработки детали на токарном станке с ЧПУ – изложена методика программирования механической обработки деталей в системе ЧПУ SINUMERIC фирмы SIEMENS.

3. Автоматизация проектирования: ввод и редактирование программы обработки детали на стенде – моделирование процесса обработки на стенде для токарного станка с ЧПУ.

4. Ввод и редактирование программы обработки детали на станке и обработка детали – наладка данного токарного станка с ЧПУ на отработку программ и отработка программы механической обработки деталей на станке.

Приведена контрольная работа, где указаны необходимые сведения по разработке, редактированию и отладке управляющей программы для станков с ЧПУ с использованием системы числового программного управления SINUMERIC.

В приложениях указаны значения символов адресов, специальных символов и некоторых операторов, значения подготовительных и вспомогательных функций, а также приведены варианты оформления операционных карт (ОК), карты эскизов (КЭ) и карт кодирования информации (ККИ).

Лабораторная работа № 1

РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ, ВЫПОЛНЯЕМОЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Цель работы: освоить методику проектирования технологической операции, составления карты наладки инструментов и подготовки данных для разработки управляющей программы (УП) для обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ.

Задание: разработать операцию механической обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать индивидуальное задание.
2. Ознакомиться с техническими характеристиками: токарного станка с ЧПУ Concept Turn 250 и системы числового программного управления SINUMERIC фирмы SIEMENS.
3. Ознакомиться с методикой подготовки исходных данных при проектировании управляющих программ для токарных станков с ЧПУ.
4. Описать общую информацию и контур детали.
5. Описать технологическую информацию (для каждого инструмента: режим резания, величину подвода/отвода, зону перемещений, зону контурной обработки).
6. Оформить операционную карту и карту эскизов на разработанную операцию (прил. Д, Е и Ж).

Содержание лабораторной работы

1. Название и цель работы, индивидуальное задание.
 2. Схема установки заготовки.
 3. Определение последовательности обработки детали, назначение припусков, расчет режимов резания.
 4. Расчет опорных точек.
 5. Операционная карта и карта эскизов.
- Варианты заданий представлены на рис. 1.1, 1.2 и в табл. 1.1, 1.2.

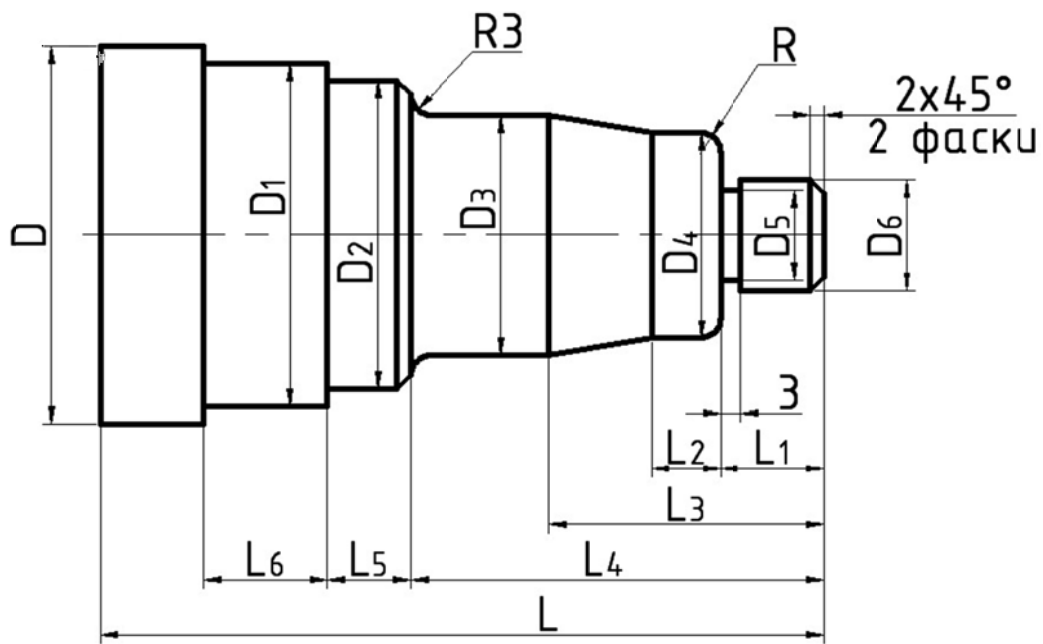


Рис. 1.1. Чертеж детали (тип 1)

Таблица 1.1

Варианты заданий (деталь тип 1)

Номер варианта	Номинальные размеры детали, мм														
	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	R
01	45	40	35	25	20	10	12	95	12	10	35	50	15	15	3
02	50	44	40	30	24	11	14	105	15	12	50	60	15	15	4
03	50	45	42	32	25	12	15	100	12	12	40	55	10	20	4
04	55	50	45	35	28	16	20	95	15	10	45	55	10	15	3
05	55	50	48	38	32	18	22	110	15	10	45	65	12	18	4
06	55	52	50	40	34	20	24	105	20	10	50	60	15	15	4
07	60	55	50	40	35	19	22	105	15	12	45	60	15	15	3
08	60	56	54	44	38	27	30	110	20	15	50	65	18	12	4
09	70	65	60	50	45	30	35	120	20	20	50	70	15	20	3
10	70	65	62	52	44	27	32	105	25	15	55	65	15	10	4

Заготовка: круг диаметром D и длиной L , материал заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 (170–229 НВ).

Точность диаметральных размеров h9, линейных – IT14/2, шероховатость всех поверхностей $Ra = 6,3$ мкм.

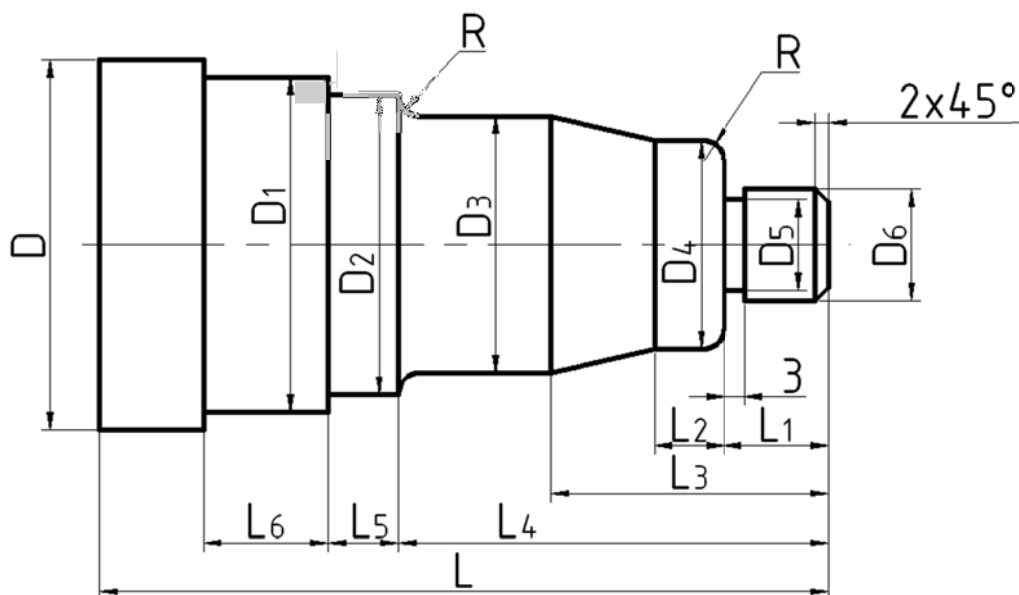


Рис. 1.2. Чертеж детали (тип 2)

Таблица 1.2

Варианты заданий (деталь тип 2)

Номер варианта	Номинальные размеры детали, мм														
	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	R
11	40	35	30	25	20	12	15	95	12	10	35	50	15	15	2,5
12	45	40	35	30	25	16	20	105	15	12	50	60	15	15	2,5
13	50	45	40	35	30	22	25	100	12	12	40	55	10	20	2,5
14	55	50	45	40	35	26	30	95	15	10	45	55	10	15	2,5
15	55	52	47	42	37	28	32	110	15	10	45	65	12	18	2,5
16	60	55	50	45	40	30	35	105	20	10	50	60	15	15	2,5
17	65	60	55	50	45	36	40	105	15	12	45	60	15	15	2,5
18	65	62	57	52	47	38	42	110	20	15	50	65	18	12	2,5
19	70	65	60	55	50	40	45	120	20	20	50	70	15	20	2,5
20	75	70	65	60	55	46	50	105	25	15	55	65	15	10	2,5

Заготовка: круг диаметром D и длиной L , материал заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 (170–229 НВ).

Точность диаметральных размеров $h9$, линейных – IT14/2, шероховатость всех поверхностей $Ra = 6,3$ мкм.

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКА CONCEPT TURN 250

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной – 250 мм, над суппортом – 85 мм.

Диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, – 85 мм.

Максимальная длина продольного перемещения каретки – 225 мм.

Число инструментов – 12 (6 с дополнительным приводом).

Диапазон частот оборотов шпинделя – 50–6300 мин⁻¹,

Диапазон скоростей подачи – до 15 мм/об.

Обработка детали на станке Concept Turn 250 может производиться в центрах или в патроне с поджимом задним центром. Схема установки заготовки на станке показана на рис. 1.3.

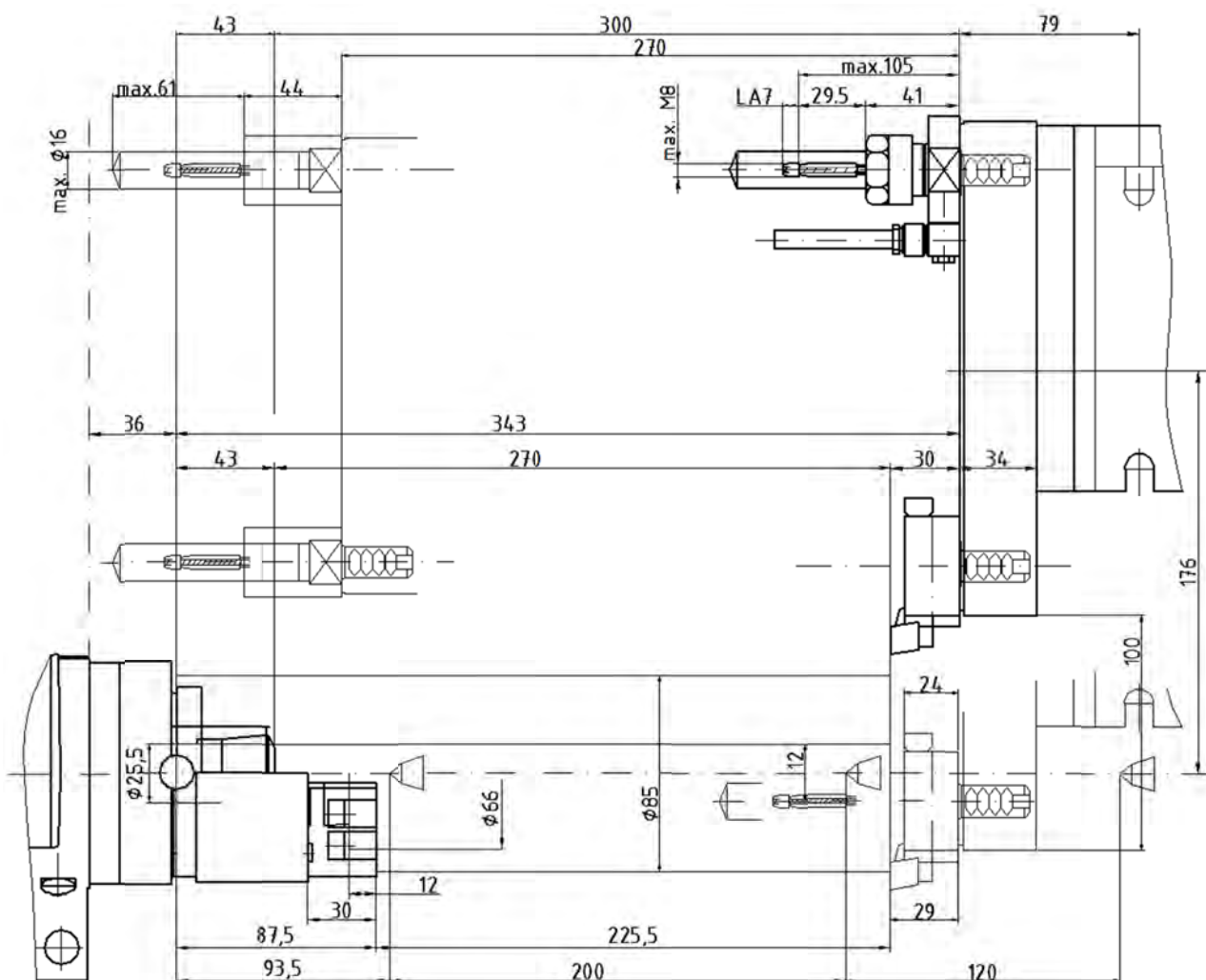


Рис. 1.3. Рабочая зона станка

2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ SINUMERIC ФИРМЫ SIEMENS

2.1. Рекомендуемая последовательность записи слов в кадре

Программа ЧПУ состоит из последовательности кадров ЧПУ [1, 2]. Каждый кадр содержит данные для выполнения рабочей операции при обработке детали. Структура кадра представлена на рис. 1.4.

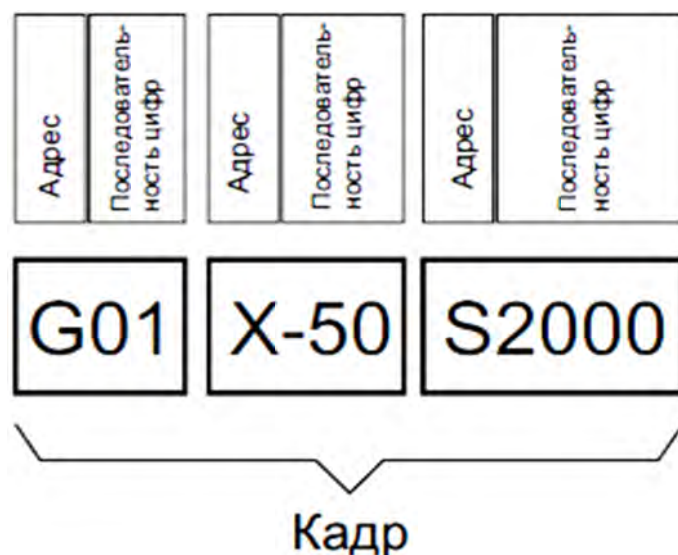


Рис. 1.4. Структура кадра

Кадры ЧПУ состоят из следующих компонентов:

- команды (операторы) по DIN 66025;
- элементы высокоуровневого языка программирования ЧПУ.

Команда по DIN 66025 состоит из символа адреса и цифры или последовательности цифр, представляющей арифметическое значение.

Символ адреса (чаще всего буква) определяет значение команды.

Последовательность цифр это присвоенное символу адреса значение.

Последовательность цифр может включать знак и десятичную точку, при этом знак всегда стоит между буквами адреса и последовательностью цифр. Положительный знак (+) и вводные нули (0) не записываются.

Так как набора команд по DIN 66025 более недостаточно для программирования сложных процессов обработки на современных станках, он был дополнен элементами высокоуровневого языка программирования ЧПУ.

К ним относятся:

- команды высокоуровневого языка программирования ЧПУ (состоят из нескольких букв адреса);
- идентификаторы (определенные имена) для системных переменных, определенных пользователем переменных, подпрограмм, кодовых слов, меток перехода, макросов;

- операторы сравнения;
- логические операторы;
- функции вычисления;
- управляющие структуры.

Последовательность расположения информации в кадре программы называется форматом кадра. Формат определяет структуру кадра для конкретного станка с ЧПУ. Слово «Номер кадра» – служит для обозначения элементарного участка УП, является вспомогательной информацией и должно всегда стоять в начале кадра. Последовательность остальных слов, содержащихся в кадре, может быть произвольной, но для удобства написания и отладки УП информационные слова в кадре рекомендуется записывать в последовательности, приведенной в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Последовательность записи слов в кадре

№ п/п	Слово (слова)	Обозначение
1	«Номер кадра»	N...
2	«Подготовительная функция» (прил. В)	G...
3	«Размерные перемещения»	X... Y... Z... U... V... W... P... Q... R... A... B... C... D... E...
4	«Параметр интерполяции или шаг резьбы»	I... J... K...
5	«Функция подачи»	F...
6	«Функция главного движения»	S...
7	«Функция инструмента»	T... D...
8	«Вспомогательная функция» (прил. Г)	M... H...

Примечание. Некоторые адреса могут использоваться несколько раз в одном кадре, к примеру: G..., M..., H... .

Последний кадр в последовательности операций содержит специальное слово для конца программы: M2, M17 или M30.

2.2. Значения символов адресов

Для создания программ ЧПУ имеются следующие символы:

- прописные и строчные буквы (прил. А);
- цифры: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;
- специальные символы (прил. Б).

Прописные и строчные буквы не различаются (исключение: вызов инструмента).

Скрытые специальные символы обрабатываются как символы пробела.

Кадры ЧПУ, стоящие перед кадрами движения для изготовления контура детали, обозначаются как «шапка» программы.

«Шапка» программы содержит информацию/операторы касательно:

- смены инструмента;
- коррекций инструмента;
- движение шпинделя;
- регулирования подачи;
- геометрических установок (смещение нулевой точки, выбор рабочей плоскости).

Пример ниже показывает типичную структуру «шапки» программы ЧПУ для токарной обработки (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Структура программы ЧПУ

Программный код	Комментарий
N10 G0 G153 X200 Z500 T0 D0	Отвести инструментальный суппорт до поворота инструментального револьвера
N20 T5	Повернуть инструмент 5
N30 D1	Активировать блок данных резцов инструмента
N40 G96 S300 LIMS=3000 M4 M8	Постоянная скорость резания (V_c) = 300 м/мин, ограничение числа оборотов = 3000 мин ⁻¹ , левое направление вращения, охлаждение вкл.
N50 DIAMON	Ось X программируется в диаметре
N60 G54 G18 G0 X82 Z0.2	Вызвать смещение нулевой точки и рабочую плоскость, подвести к стартовой позиции
...	

2.3. Система координат детали

Чтобы станок или СЧПУ могли работать с указанными в программе ЧПУ позициями, эти параметры должны быть указаны в базовой системе, которая может быть передана по направлениям движения осей станка. Для этого используется система координат с осями X, Y и Z.

По DIN 66217 для станков используется правовращающаяся, прямоугольная (декартова) система координат (рис. 1.5).

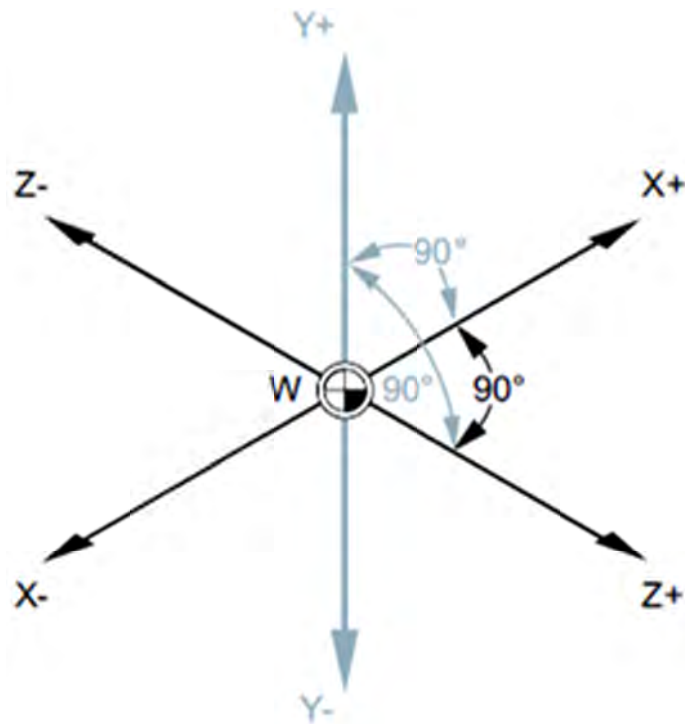


Рис. 1.5. Система координат детали для токарной обработки

Нулевая точка детали (W) является исходной точкой системы координат детали.

Иногда имеет смысл или даже необходимо работать с отрицательными указаниями позиции. Поэтому позиции, находящиеся соответственно слева от нулевой точки, получают отрицательный знак (-).

Оси в системе координат измерены. Благодаря этому существует возможность однозначного описания любой точки в системе координат и тем самым любой позиции детали через направление (X, Y и Z) и три числовых значения. Нулевая точка детали всегда имеет координаты X0, Y0 и Z0.

2.4. Рабочие плоскости

Программа ЧПУ должна содержать информацию о том, в какой плоскости должна выполняться обработка. Только в этом случае СЧПУ при выполнении программы ЧПУ может правильно учитывать значения коррекции инструмента. Кроме этого указание рабочей плоскости имеет значение для определенных видов программирования окружностей и для полярных координат.

Соответственно две оси координат определяют плоскость. Третья ось стоит соответственно вертикально на этой плоскости и определяет направление подачи инструмента (к примеру, для обработки 2D).

Рабочие плоскости определяются в программе ЧПУ с помощью команд G17, G18 и G19 следующим образом (рис. 1.6 и табл. 1.5):

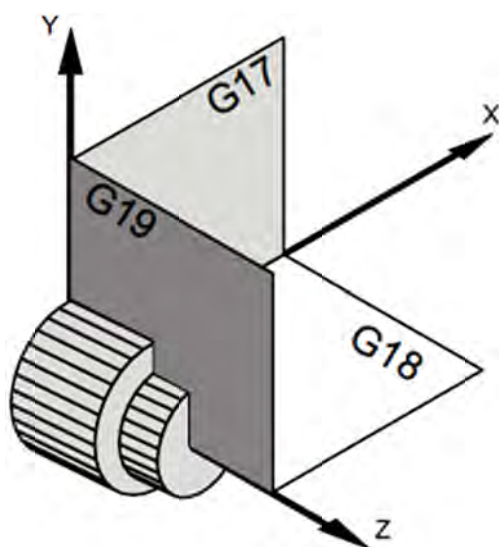


Рис. 1.6. Рабочие плоскости при токарной обработке

Таблица 1.5

Определение рабочих плоскостей с помощью подготовительных функций

Команда G	Рабочая плоскость	Направление подачи	Абсцисса	Ордината	Апplikата
G17	X/Y	Z	X	Y	Z
G18	Z/X	Y	Z	X	Y
G19	Y/Z	X	Y	Z	X

2.5. Нулевые точки и исходные точки

На станке с ЧПУ определены различные нулевые и исходные точки (рис. 1.7, табл. 1.6, 1.7).

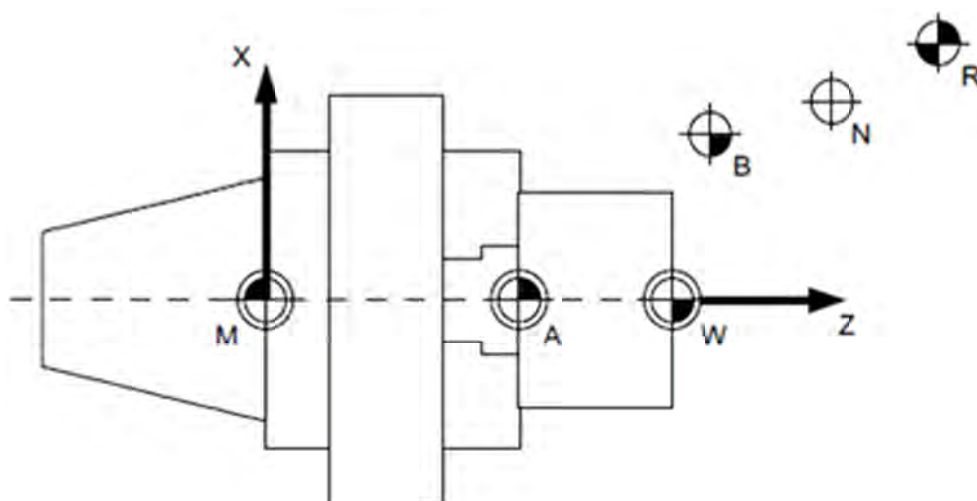


Рис. 1.7. Нулевые и исходные точки при токарной обработке

Нулевые точки








	M	Нулевая точка станка. С помощью нулевой точки станка определяется система координат станка (MCS). К нулевой точке станка относятся все другие исходные точки
	W	Нулевая точка детали = нулевая точка программы. Нулевая точка детали определяет систему координат детали относительно нулевой точки станка
	A	Точка упора. Может совпадать с нулевой точкой детали (у токарных станков)

Таблица 1.7

Исходные точки

	R	Референтная точка. Определенная кулачками и измерительной системой позиция. Расстояние до нулевой точки станка M должно быть известным, чтобы позиция оси в этом месте могла быть установлена точно на это значение
	B	Стартовая точка. Может быть определена через программу. Здесь первый инструмент начинает обработку
	T	Исходная точка инструментального суппорта. Находится на зажиме инструмента. Посредством ввода длин инструмента СЧПУ вычисляет расстояние от острия инструмента до исходной точки инструментального суппорта
	N	Точка смены инструмента

2.6. Указание позиций в абсолютном и составном (инкрементальном) размере при линейной интерполяции

У абсолютного размера все указания позиций всегда относятся к действующей в данный момент нулевой точке. В отношении движения инструмента это означает: указание абсолютного размера описывает позицию, к которой должен двигаться инструмент (рис. 1.8, а, табл. 1.8).

На рабочих чертежах размеры часто относятся не к нулевой точке, а к иной точке детали. Во избежание пересчета данных размера существует возможность указания составного или инкрементального размера. При таком способе указания составного размера данные позиции относятся к соответствующей предыдущей точке. В отношении движения инструмента это означает: данные составного размера описывают, насколько должен переместиться инструмент (рис. 1.8, б, табл. 1.8).

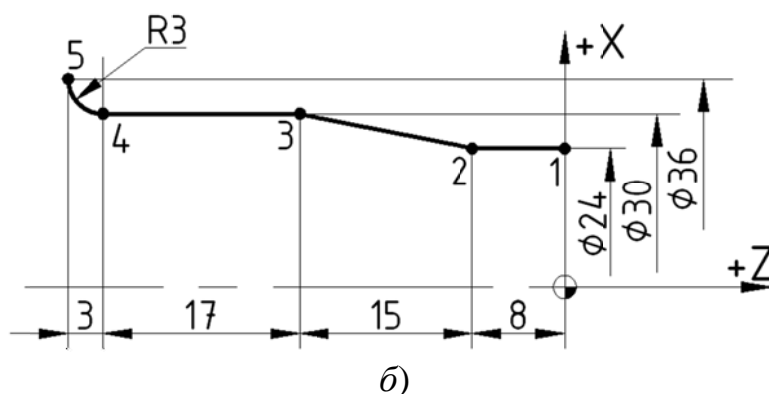
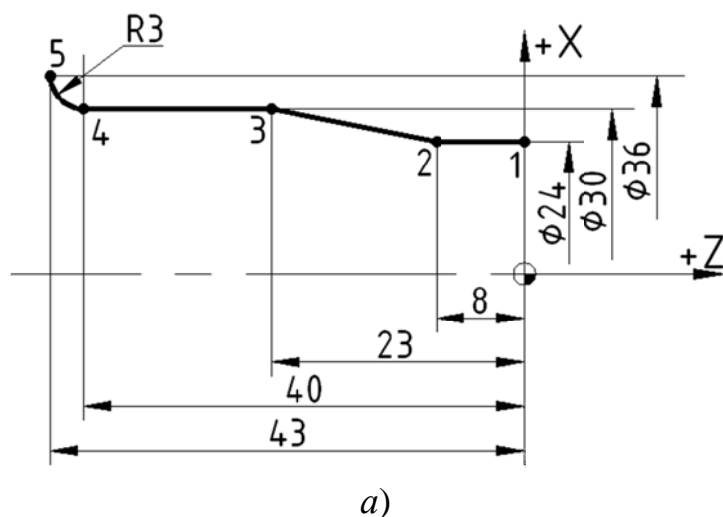


Рис. 1.8. Указание координат точек в абсолютном (а) и составном (б) размере

Таблица 1.8

Пример задания координат точек детали при линейной интерполяции

Номер точки	Координата точки в абсолютном размере	Координата точки в составном размере
1	X24 Z0	—
2	X24 Z-8	Z-8 (относительно точки 1)
3	X30 Z-23	X6 Z-15 (относительно точки 2)
4	X30 Z-40	Z-17 (относительно точки 3)

2.7. Круговая интерполяция с центром и конечной точкой (G2 / G3, X... Y... Z..., I... J... K...)

Круговое движение описывается через:

- конечную точку в декартовых координатах X, Y, Z;
- центр окружности по адресам I, J, K.

Если окружность программируется с центром, но без конечной точки, то получается полный круг (см. рис. 1.8, табл. 1.9).

**Пример задания координат точек детали при круговой интерполяции
с центром и конечной точкой**

Указание центра	Комментарий
а) в абсолютном размере: % N5 G18 G54 G90 G95 ... N100 G1 X30 Z-40 N105 G2 X36 Z-43 I=AC(36) K=AC(-40) ...	Начало программы Выбор рабочей плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95) Линейная интерполяция из точки 3 в точку 4 Круговая интерполяция по часовой стрелке из точки 4 в точку 5
б) в составном (относительном, инкрементном) размере: % N5 G18 G54 G91 G95 ... N100 G1 Z-17 N105 G2 X6 Z-3 I3 K0 ...	Начало программы Выбор рабочей плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в составном размерах (G91), окружная подача в мм/об (G95) Линейная интерполяция из точки 3 в точку 4 Круговая интерполяция по часовой стрелке из точки 4 в точку 5

**2.8. Круговая интерполяция с радиусом и конечной точкой
(G2 / G3, X... Y... Z..., CR)**

Круговое движение описывается через:

- радиус окружности CR = ...;
- конечную точку в декартовых координатах X, Y, Z.

Наряду с радиусом окружности посредством знака +/- необходимо указать, должен ли угол перемещения быть больше или меньше 180°. Положительный знак не нужен (см. рис. 1.8, табл. 1.10).

Пример задания координат точек детали при круговой интерполяции
с радиусом и конечной точкой

Указание радиуса в абсолютном размере	Комментарий
% N5 G18 G54 G90 G95 ...	Начало программы Выбор рабочей плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95)
... N100 G1X30 Z-40	Линейная интерполяция из точки 3 в точку 4
N105 G2 X36 Z-43 CR=3 ...	Круговая интерполяция по часовой стрелке из точки 4 в точку 5

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ТИПОВОЙ ДЕТАЛИ

3.1. Определение последовательности обработки детали, назначение припусков, расчет режимов резания

Подготовку управляющей программы рассмотрим на примере для детали, указанной на рис. 1.9.

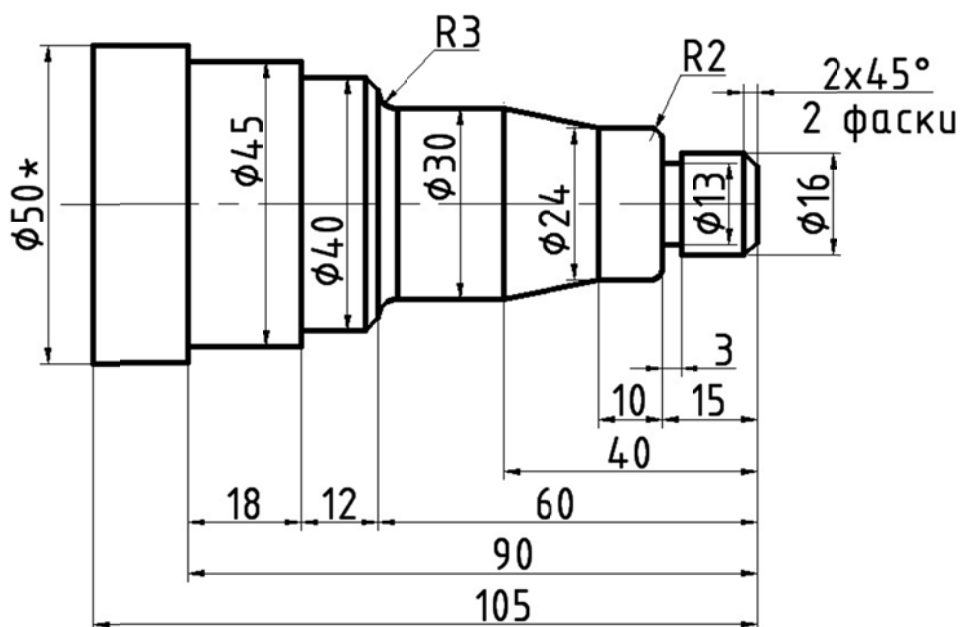


Рис. 1.9. Эскиз обрабатываемой детали

Схема установки заготовки на станке приведена на рис. 1.10.

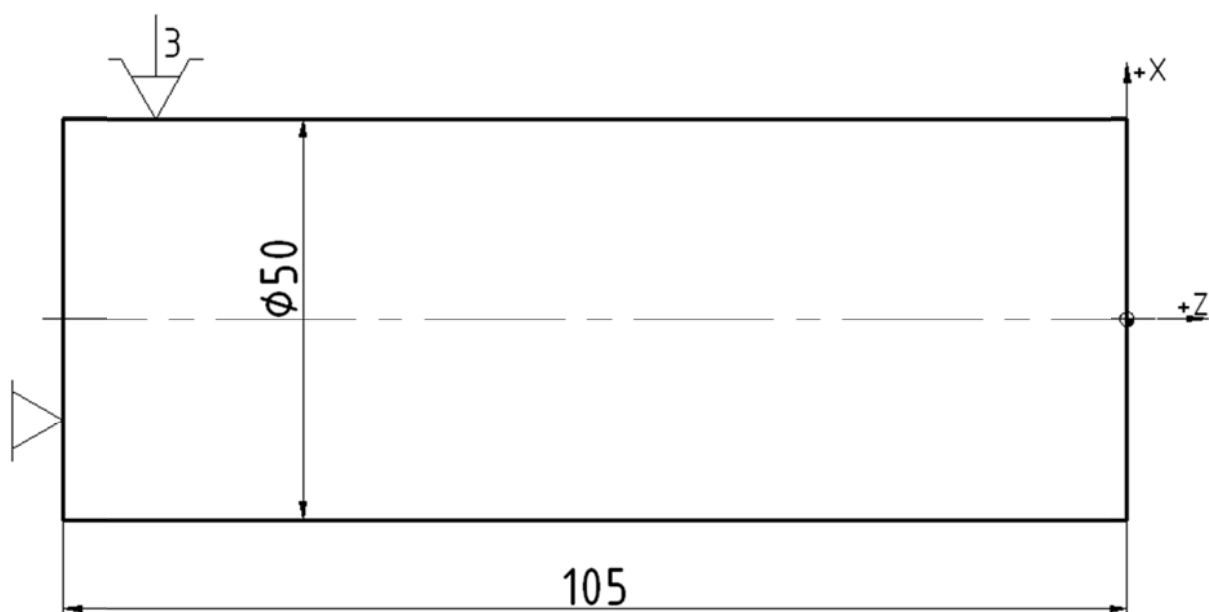


Рис. 1.10. Схема установки заготовки

При определении последовательности выполнения рабочих ходов следует учесть, что в первую очередь выполняются черновые рабочие ходы, затем фаски, чистовые рабочие ходы, проточка канавок. Обработку поверхностей проведем в 2 этапа: черновое и чистовое точение. Пользуясь методическими указаниями [3], выберем припуски для механической обработки.

Примем по всем поверхностям черновой припуск $2Z_{\min \text{ черн}} = 6$ мм, чистовой припуск $2Z_{\min \text{ чист}} = 0,4$ мм, так как к ним предъявляются примерно одинаковые требования по точности и шероховатости поверхности. После выполнения чернового перехода получим 12 квалитет, шероховатость $Ra = 12,5$ мкм. После чистового прохода получим 9 квалитет и шероховатость $Ra = 6,3$ мкм. Предельно допустимая глубина резания на черновых переходах $t_{\text{пред}} = 3$ мм.

Определим размеры детали до выполнения чистового перехода:

$$D_{\text{чист}_i} = D_{\text{ном.дет}_i} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{ном.дет}_i}$ – номинальный размер ступени детали, мм;

$2Z_{\min \text{ чист}}$ – величина припуска на чистовую обработку, мм.

$$D_{\text{чист}_1} = 45 + 0,4 = 45,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_2} = 40 + 0,4 = 40,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_3} = 30 + 0,4 = 30,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_4} = 24 + 0,4 = 24,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_5} = 16 + 0,4 = 16,4 \text{ мм}.$$

Определим размеры детали при черновой обработке.

Фактически припуск на первом черновом переходе будет определяться как разница между номинальным диаметром заготовки $D_{\text{ном.заг}}$ и диаметром наибольшей ступени детали до чистового перехода $D_{\text{чист}_1}$:

$$2Z_{\min \text{ черн}_1} = D_{\text{ном.заг}} - D_{\text{чист}_1}, \quad (2)$$

$$2Z_{\min \text{ черн}_1} = 50 - 45,4 = 4,6 \text{ мм}.$$

Тогда глубина резания при токарной обработке наибольшей ступени детали будет равна $t_{\text{черн}_1} = 2Z_{\min \text{ черн}_1} / 2 = 2,3$ мм, что меньше предельно допустимой глубины резания $t_{\text{пред}}$.

В этом случае количество переходов для черновой обработки определяется по формуле:

$$k = \frac{D_{\max \text{ чист}} - D_{\min \text{ чист}}}{2 \cdot t_{\text{пред}}}, \quad (3)$$

где $D_{\max \text{ чист}}$, $D_{\min \text{ чист}}$ – максимальный и минимальный диаметры детали до чистовой обработки соответственно, мм.

$$k = \frac{45,4 - 16,4}{2 \cdot 3} = 4,83.$$

Округлим расчетное значение количества переходов до целого числа в большую сторону и принимаем $k = 5$, тогда глубина резания на черновых переходах будет равна:

$$t_{\text{черн}} = \frac{D_{\max \text{ чист}} - D_{\min \text{ чист}}}{2 \cdot k}, \quad (4)$$

$$t_{\text{черн}} = \frac{45,4 - 16,4}{2 \cdot 5} = 2,9 \text{ мм.}$$

Примечание. Если величина глубины резания для первого чернового перехода больше предельно допустимой глубины резания ($t_{\text{черн}1} > t_{\text{пред}}$), то в формулы (3)–(4) вместо значения максимального диаметра детали до чистовой обработки ($D_{\max \text{ чист.}}$) необходимо подставить значение номинального диаметра заготовки ($D_{\text{ном. заг}}$) и производить расчеты используя эту величину.

Определяем промежуточные значения при черновой обработке детали:

$$D_{\text{черн}i} = D_{\text{черн}i-1} - 2t_{\text{черн}}, \quad (5)$$

где $D_{\text{черн}i}$, $D_{\text{черн}i-1}$ – расчетный диаметр детали на рассчитываемом и предыдущем переходе, мм.

$$D_{\text{черн}2} = 45,4 - 2 \cdot 2,9 = 39,6 \text{ мм};$$

$$D_{\text{черн}3} = 39,6 - 2 \cdot 2,9 = 33,8 \text{ мм};$$

$$D_{\text{черн}4} = 33,8 - 2 \cdot 2,9 = 28,0 \text{ мм};$$

$$D_{\text{черн}5} = 28,0 - 2 \cdot 2,9 = 22,2 \text{ мм};$$

$$D_{\text{черн}6} = 22,2 - 2 \cdot 2,9 = 16,4 \text{ мм.}$$

Глубина резания при точении канавки будет равна ширине канавки:
 $t_{\text{кан}} = 3 \text{ мм.}$

По полученным данным составляем эскиз обработки детали (рис. 1.11), длину обработки на промежуточных переходах определяем при построении эскиза (можно использовать САПР AutoCAD или КОМПАС) и заполняем табл. 1.11.

Последовательность обработки и режимы резания

№ п/п	Наименование рабочего хода	Номер инстру-мента	Скорость резания V , м/мин	Подача S , мм/об	Глубина резания t , мм
1	Черновая подрезка торца	Т101	275	0,3	2,0
2	Черновое точение $\varnothing 45,4$ мм $l = 89,8$ мм		275	0,3	2,3
3	Черновое точение $\varnothing 39,6$ мм $l = 71,8$ мм		240	0,3	2,9
4	Черновое точение $\varnothing 33,8$ мм $l = 61,52$ мм		205	0,3	2,9
5	Черновое точение $\varnothing 28,0$ мм $l = 59,57$ мм		170	0,3	2,9
6	Черновое точение $\varnothing 22,2$ мм $l = 33,98$ мм		134	0,3	2,9
7	Черновое точение $\varnothing 16,4$ мм $l = 15,09$ мм		99	0,3	2,9
8	Черновое точение фаски		99	0,2	2,0
9	Чистовая подрезка торца	Т404	455	0,2	0,2
10	Чистовое точение по контуру				
11	Точение канавки	Т202	170	0,1	3

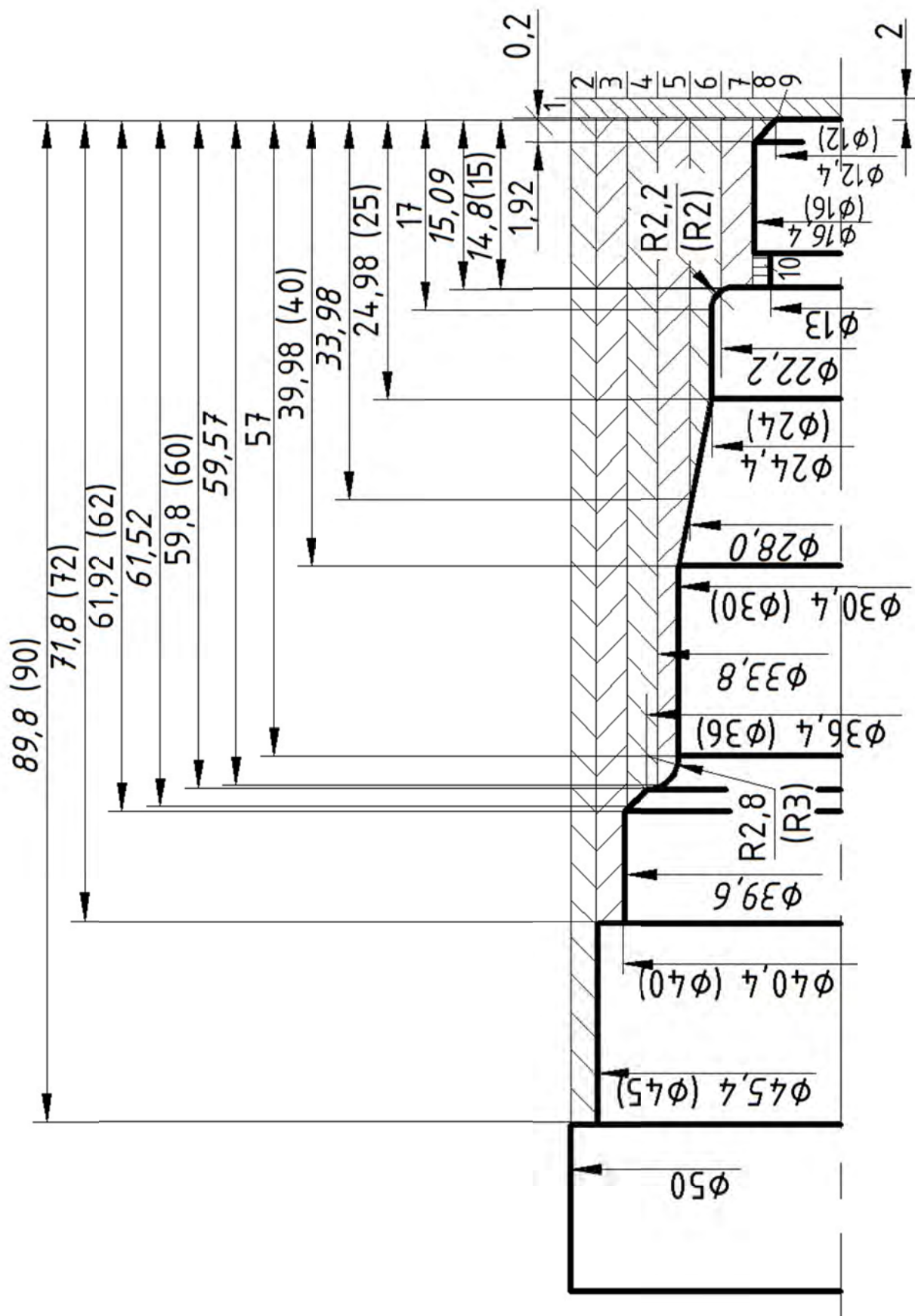


Рис. 1.11. Последовательность изготовления детали

Далее производится расчет режимов резания [4].

Подача S (мм/об) определяется как для обычных токарных станков и потом, при необходимости, переводится в минутную подачу. Скорость резания определяется исходя из периода стойкости инструмента и режущего материала.

Принимаем:

а) для чернового точения резец Т101 (резец проходной черновой – сменная пластина SNMM190612-PR);

б) для чистового точения резец Т404 (резец проходной чистовой – сменная пластина DNMX150604-WF);

в) для точения канавки резец Т202 (резец канавочный – сменная пластина SNMM250724-HR – СТМ).

При принятой скорости резания для первого чернового перехода при $V = 275$ м/мин определим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (6)$$

где D – максимальный диаметр детали при черновом точении, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 275}{\pi \cdot 45,4} = 1928 \text{ мин}^{-1}.$$

Для чистового точения по контуру при $V = 455$ м/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 455}{\pi \cdot 45} = 3218 \text{ мин}^{-1}.$$

Точение канавки производим со скоростью резания $V = 170$ м/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 16} = 3382 \text{ мин}^{-1}.$$

Направление вращения шпинделя – по часовой стрелке.

3.2. Расчет опорных точек

При расчете перемещения инструмента по оси необходимо учитывать путь врезания и схода инструмента.

Для удобства расчета координат опорных точек поместим начало координат детали в исходную точку. Вычертим траекторию перемещения резцов во время выполнения рабочих ходов (рис. 1.12). Выход резца на заданную глубину резания определим из условия, что после обработки должен получиться номинальный размер обрабатываемой поверхности. Расчет координат опорных точек

производим по номинальным размерам. При этом будем учитывать некоторые особенности:

а) для предохранения вершины резца от удара о деталь (вследствие погрешности ее установки) инструмент не доводится до торца детали на 3 мм. Значит, начало рабочего хода будет начинаться при координате по горизонтальной оси $Z = 3$ мм (точки 4, 8, 14, 20, 27, 34, 40, 47);

б) координаты по оси X указываются в диаметральных размерах (DIAMON по умолчанию);

в) в конце рабочего хода резец отводится от поверхности детали:

– по координате X на 1–2 мм (точки 6, 12, 18, 25, 32, 38, 43, 61):

точки 6, 61: $50 + [1-2] = 52$ мм;

точка 12: $45,4 + [1-2] = 47$ мм;

точка 18: $39,6 + [1-2] = 41$ мм;

точка 25: $33,8 + [1-2] = 36$ мм;

точка 32: $28,0 + [1-2] = 30$ мм;

точка 38: $22,2 + [1-2] = 24$ мм;

точка 43: $16,4 + [1-2] = 18$ мм;

– по координате Z на 3 мм (точки 3, 46);

г) подвод на ускоренном ходу к начальной точке обработки по оси X при подрезке торца осуществляется на величину 1–2 мм от номинального диаметра обработки (точки 1, 44):

точка 1: $50 + [1-2] = 52$ мм;

точка 44: $16,4 + [1-2] = 18$ мм;

д) перебеги на рабочем ходу по оси X при подрезке торца детали осуществляется на 1–2 мм ниже оси детали (точки 2, 45);

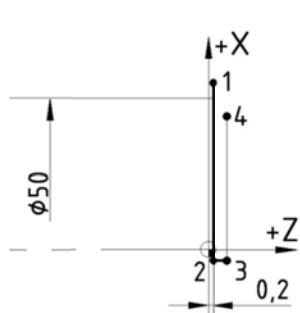
е) возврат на ускоренном ходу по горизонтальной оси осуществляется на величину $Z = 3$ мм от торца детали (точки 7, 13, 19, 26, 33, 39);

ж) при точении канавки подвод/отвод программируемой правой вершины пластины канавочного резца по вертикальной оси X осуществляется на величину 1–2 мм (точка 62):

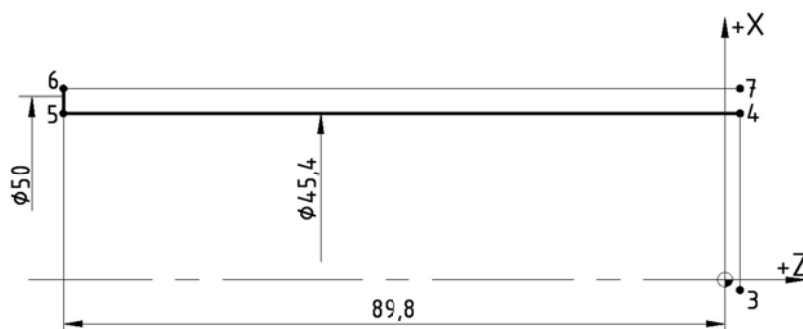
$24 + [1-2] = 26$ мм;

з) на последнем черновом переходе, в конце чистового перехода, после точения канавки резец отводится из конечной точки рабочего хода в точку смены инструмента (точки 43, 61, 62).

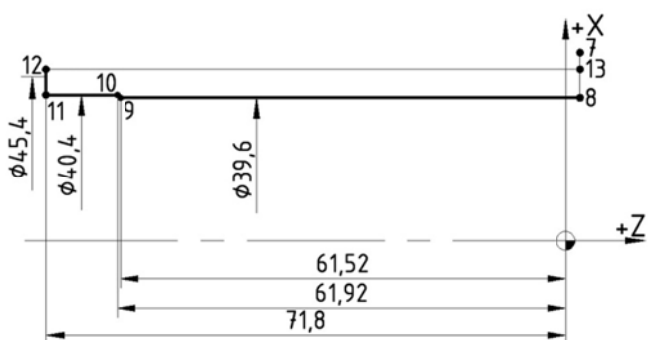
Рассчитанные и измеренные на эскизах координаты точек (см. рис. 1.11, 1.12) сводятся в табл. 1.12.



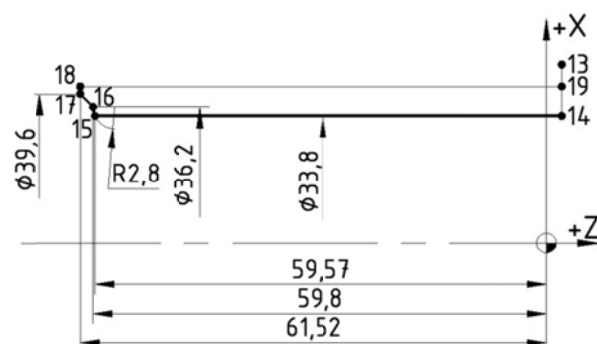
а) первый рабочий ход
(черновая подрезка торца)



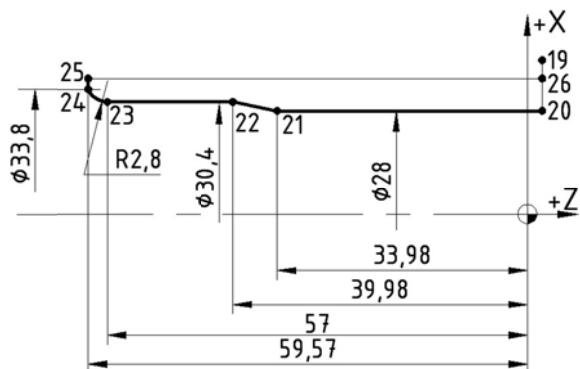
б) второй рабочий ход



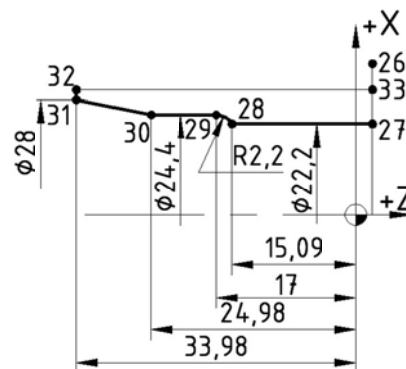
в) третий рабочий ход



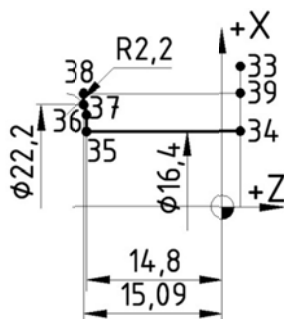
г) четвертый рабочий ход



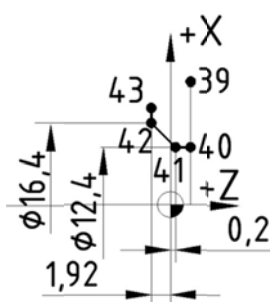
д) пятый рабочий ход



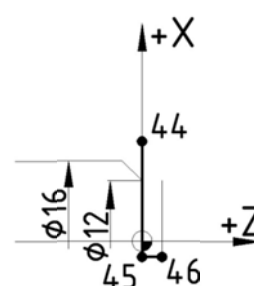
е) шестой рабочий ход



ж) седьмой рабочий ход

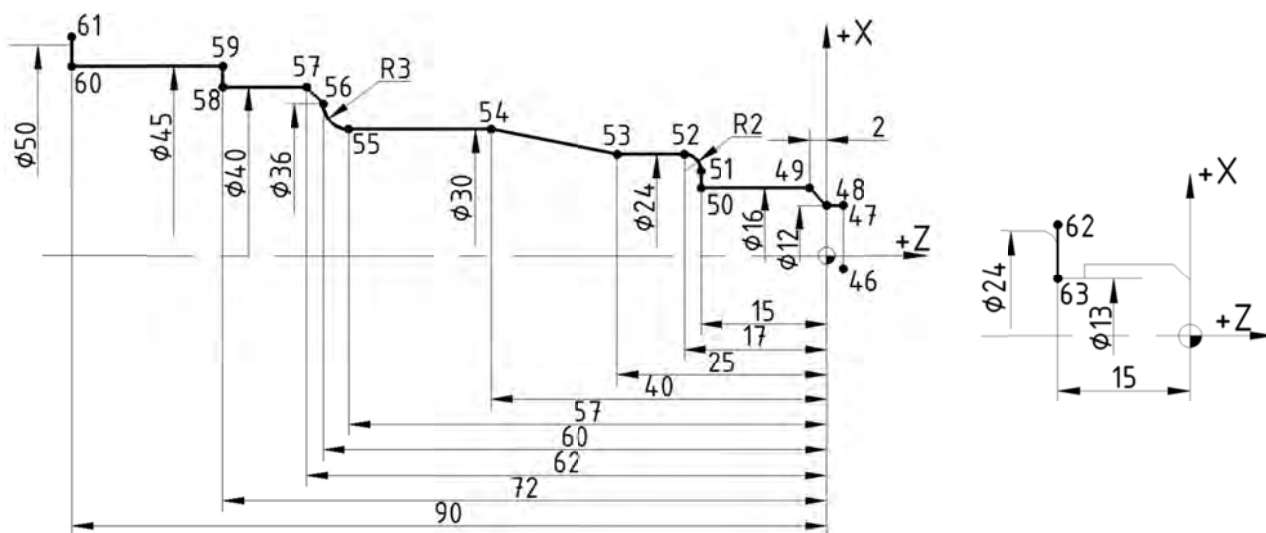


з) восьмой рабочий ход



и) девятый рабочий ход
(чистовая подрезка торца)

Рис. 1.12. Траектория движения инструмента



к) десятый рабочий ход
(чистовое точение по контуру)

л) одиннадцатый
рабочий ход
(точение канавки)

Рис. 1.12. Траектория движения инструмента (окончание)

Таблица 1.12

Координаты точек траектории движения инструмента

Точка траектории	Координата точки, мм		Точка траектории	Координата точки, мм	
	X	Z		X	Z
1	52	0,2	33	30	3
2	-2	0,2	34	16,4	3
3	-2	3	35	16,4	-14,8
4	45,4	3	36	20	-14,8
5	45,4	-89,8	37 (R2,2)	22,2	-15,09
6	52	-89,8	38	24	-15,09
7	52	3	39	24	3
8	39,6	3	40	12,4	3
9	39,6	-61,52	41	12,4	0,2
10	40,4	-61,92	42	16,4	-1,92
11	40,4	-71,8	43	18	-1,92
12	47	-71,8	44	18	0
13	47	3	45	-2	0
14	33,8	3	46	-2	3
15	33,8	-59,57	47	12	3
16 (R2,8)	36,2	-59,8	48	12	0
17	39,6	-61,52	49	16	-2
18	41	-61,52	50	16	-15

Точка траектории	Координата точки, мм		Точка траектории	Координата точки, мм	
	X	Z		X	Z
19	41	3	51	20	-15
20	28	3	52	24	-17
21	28	-33,98	53	24	-25
22	30,4	-39,98	54 (R2)	30	-40
23	30,4	-57	55	30	-57
24 (R2,8)	33,8	-59,57	56	36	-60
25	36	-59,57	57	40	-62
26	36	3	58 (R3)	40	-72
27	22,2	3	59	45	-72
28	22,2	-15,09	60	45	-90
29 (R2,2)	24,4	-17	61	52	-90
30	24,4	-24,98	62	26	-15
31	28	-33,98	63	13	-15
32	30	-33,98			

3.3. Определение координат «нуля программы»

Координаты исходной точки обработки определим по формулам (7), (8):

$$X_{\text{см}} = X_{\text{суп}} - \frac{D_{\text{заг}}}{2} - W_x - X_0; \quad (7)$$

$$Z_{\text{см}} = Z_{\text{суп}} - L_{\text{заг max}} - W_z - Z_0, \quad (8)$$

где $X_{\text{суп}}, Z_{\text{суп}}$ – координаты исходной точки суппорта, мм;

$D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, мм;

$L_{\text{заг max}}$ – максимальная длина заготовки, мм;

W_x, W_z – вылеты инструмента при настройке резцов вне станка, мм;

X_0, Z_0 – координаты исходной точки обработки, мм.

Согласно данным по рабочей зоне станка (рис. 1.13):

$$X_{\text{суп}} = 176 \text{ мм}, \quad Z_{\text{суп}} = 422 \text{ мм}, \quad W_x = 120 \text{ мм}, \quad W_z = 64 \text{ мм}.$$

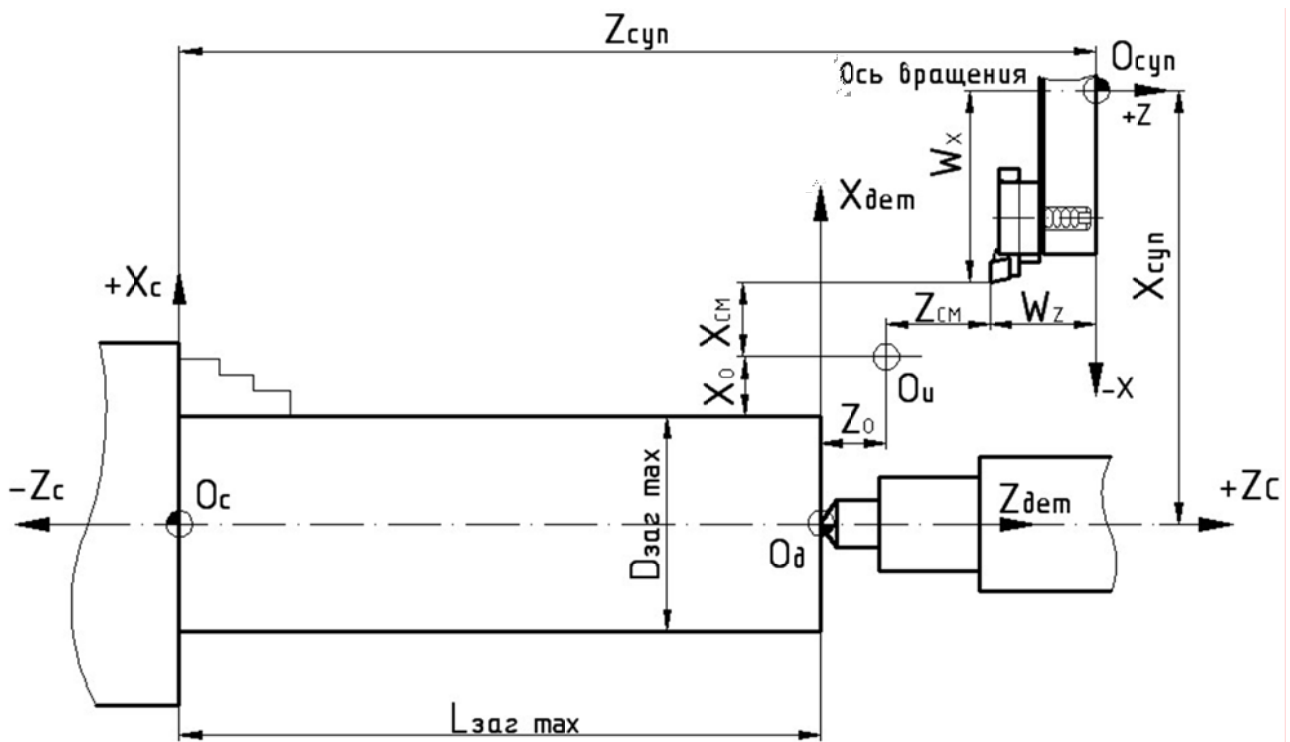


Рис. 1.13. Схема установки заготовки на станке

По исходным данным по детали (см. рис. 1.10):

$D_{\text{заг}} = 50$ мм, $L_{\text{заг max}} = 105$ мм, и приняв координаты исходной точки обработки $X_0 = 3$ мм, $Z_0 = 3$ мм, получим:

$$X_{\text{см}} = 176 - \frac{50}{2} - 120 - 3 = 28 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{см}} = 422 - 105 - 64 - 3 = 250 \text{ мм}.$$

Лабораторная работа № 2

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Цель работы: освоение методики разработки управляющей программы обработки детали.

Задание: составить управляющую программу для обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250.

Порядок выполнения работы

1. Составить управляющую программу для обработки детали согласно индивидуальному заданию, используя расчеты, полученные в лабораторной работе № 1 и данные прил. А–Г.

2. Оформить карту кодирования информации (ККИ) – прил. И, К.

Содержание лабораторной работы

1. Название и цель работы, индивидуальное задание.
2. Управляющая программа
3. Карта кодирования информации (ККИ).

В табл. 2.1 приведена управляющая программа для обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250, где учтены все перемещения (на ускоренном ходу и при рабочей подаче, смена инструмента, смещение нуля, изменение подачи, частоты вращения).

Таблица 2.1

Управляющая программа для обработки детали

Программа	Содержание кадра
1	2
N5 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N10 G75X28 Z250	Подвод к фиксированной точке G75.
N15 T101	Вызов инструмента (T) с номером 101 (резец проходной черновой – сменная пластина SNMM190612-PR).
N20 M3 S1928	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 1928 мин ⁻¹ .

1	2
N25 G0 X55 Z0,2	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 1.
N30 G1 X-2 F0,3	Линейная интерполяция (G1) в точку 2 с подачей (F) 0,3 мм/об.
N35 Z3	Перемещение в точку 3.
N40 G0 X45,4	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 4.
N45 G1 Z-89,8	Линейная интерполяция (G1) в точку 5.
N50 X52	Перемещение в точку 6.
N55 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 7.
N60 X39,6	Перемещение в точку 8.
N65 G1 Z-61,52	Линейная интерполяция (G1) в точку 9.
N70 X40,4 Z-61,92	Перемещение в точку 10.
N75 Z-71,9	Перемещение в точку 11.
N80 X47	Перемещение в точку 12.
N85 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 13.
N90 X33,8	Перемещение в точку 14.
N95 G1 Z-59,57	Линейная интерполяция (G1) в точку 15.
N100 G2 X36,2 Z-59,8 CR=2,8	Круговая интерполяция по часовой стрелке (G2) из точки 15 в точку 16 с радиусом (CR) 2,8 мм.
N105 G1 X39,6 Z-61,92	Линейная интерполяция (G1) в точку 17.
N110 X41	Перемещение в точку 18.
N115 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 19.
N120 X28	Перемещение в точку 20.

1	2
N125 G1 Z-33,98	Линейная интерполяция (G1) в точку 21.
N130 X30,4 Z-39,98	Перемещение в точку 22.
N135 Z-57	Перемещение в точку 23.
N140 G2 X33,8 Z-59,57 CR=2,8	Круговая интерполяция по часовой стрелке (G2) из точки 23 в точку 24 с радиусом (CR) 2,8 мм.
N145 G1 X36	Линейная интерполяция (G1) в точку 25.
N150 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 26.
N155 X22,2	Перемещение в точку 27.
N160 G1 Z-15,09	Линейная интерполяция (G1) в точку 28.
N165 G3 X24,4 Z-17 CR=2,2	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 28 в точку 29 с радиусом (CR) 2,2 мм.
N170 G1 Z-24,98	Линейная интерполяция (G1) в точку 30.
N175 X28 Z-33,98	Перемещение в точку 31.
N180 X30	Перемещение в точку 32.
N185 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 33.
N190 X16,4	Перемещение в точку 34.
N195 G1 Z-14,8	Линейная интерполяция (G1) в точку 35.
N200 X20	Перемещение в точку 36.
N205 G3 X22,2 Z-15,09 CR=2,2	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 36 в точку 37 с радиусом (CR) 2,2 мм.
N210 G1 X24	Линейная интерполяция (G1) в точку 38.
N215 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 39.
N220 X12,4	Перемещение в точку 40.

1	2
N225 G1 Z0,2 F0,2	Линейная интерполяция (G1) в точку 41 с подачей (F) 0,2 мм/об.
N230 X16,4 Z-1,92	Перемещение в точку 42.
N235 X18	Перемещение в точку 43.
N240 G75 X28 Z250	Подвод к фиксированной точке G75.
N245 T404	Вызов инструмента (T) с номером 404 (резец проходной чистовой – сменная пластина DNMX150604-WF).
N250 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N255 M3 S3218	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 3218 мин ⁻¹ .
N260 G0 X18 Z0	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 44.
N265 G1 X-2 F0,2	Линейная интерполяция (G1) в точку 45 с подачей (F) 0,2 мм/об.
N270 Z3	Перемещение в точку 46.
N275 G0 X12	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 47.
N280 G1 Z0	Перемещение в точку 48.
N285 X16 Z-2	Линейная интерполяция (G1) в точку 49.
N290 Z-15	Перемещение в точку 50.
N295 X20	Перемещение в точку 51.
N300 G3 X24 Z-17 CR=2	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 51 в точку 52 с радиусом (CR) 2 мм.
N305 G1 Z-25	Линейная интерполяция (G1) в точку 53.

1	2
N310 X30 Z-40	Перемещение в точку 54.
N315 Z-57	Перемещение в точку 55.
N320 G2 X36 Z-60 CR=3	Круговая интерполяция почасовой стрелке (G2) из точки 55 в точку 56 с радиусом (CR) 3 мм.
N325 G1 X40 Z-62	Линейная интерполяция (G1) в точку 57.
N330Z-72	Перемещение в точку 58.
N335 X45	Перемещение в точку 59.
N34 Z-90	Перемещение в точку 60.
N345 X55	Перемещение в точку 61.
N350 G75 X28 Z250	Подвод к фиксированной точке G75.
N355 T202	Вызов инструмента (T) с номером 202 (резец канавочный – сменная пластина SNMM250724-HR-CTM).
N360 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N365 M3 S3382	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 3382 мин ⁻¹ .
N370 G0 X25 Z-15N375 G1 X13 F0,1	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 62. Линейная интерполяция (G1) в точку 63 с подачей (F) 0,1 мм/об.
N380 G4 F0,5	Время ожидания (G4), заданное время ожидания (F) 0,5 секунд.
N385 G1 X26 F0,1	Линейная интерполяция (G1) в точку 62 с подачей (F) 0,1 мм/об.
N390 G75 X28 Z250	Подвод к фиксированной точке G75.
N395 M2	Конец главной программы (M2).

Лабораторная работа № 3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ВВОД И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТЕНДЕ

Цель работы: освоение методики отработки управляющей программы обработки детали на стенде для токарного станка с ЧПУ Concept Turn 250.

Задание: смоделировать обработку детали на стенде для токарного станка с ЧПУ Concept Turn 250.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методикой отработки управляющей программы обработки детали на стенде для токарного станка с ЧПУ.
2. Используя рекомендации, представленные в лабораторной работе, ввести составленную управляющую программу для обработки детали на стенде для токарного станка с ЧПУ Concept Turn 250.
3. Запустить моделирование обработки детали, при необходимости программу откорректировать, и сохранить копию процесса моделирования.

Содержание лабораторной работы

1. Название и цель работы, индивидуальное задание.
2. Копии обработки детали в автоматическом режиме работы станка и моделирования обработки (рис. 3.11 и 3.12).

Для моделирования обработки используются данные, полученные при расчетах в лабораторных работах № 1 и № 2 и эскиз обрабатываемой детали (рис. 3.1).

Заготовка: круг $\varnothing 50 \times 105$ мм.

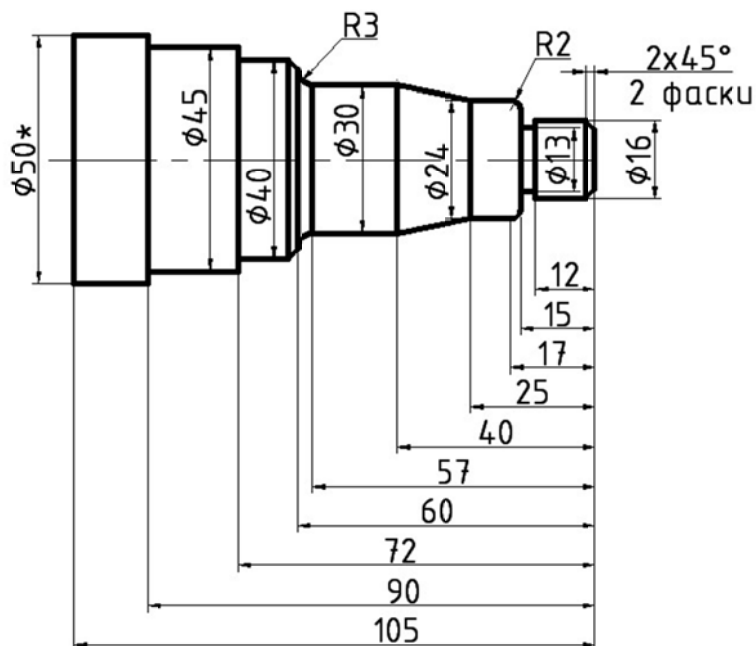


Рис. 3.1. Эскиз обрабатываемой детали

Общие положения

СЧПУ SINUMERIK это система компьютерного числового программного управления для станков.

С помощью компьютерного ЧПУ в комбинации с металлорежущим станком, среди прочего, могут быть реализованы следующие базовые функции:

- создание и согласование программ обработки детали;
- выполнение программ обработки детали;
- ручное управление;
- обращение к внутренним и внешним носителям информации;
- редактирование данных для программ;
- управление инструментами, нулевыми точками и иными, необходимыми в программе данными пользователя;
- диагностика СЧПУ и станка.

Базовые функции объединены на СЧПУ в области управления, представленные на рис. 3.2.

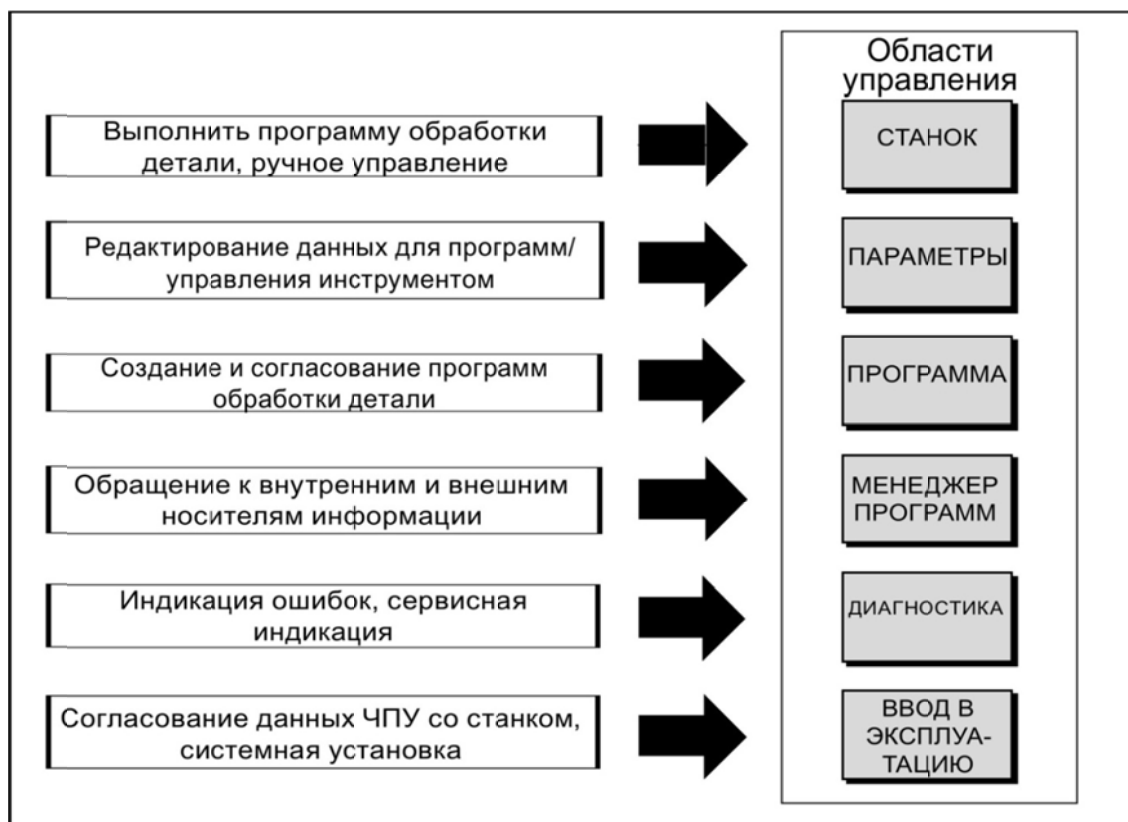


Рис. 3.2. Области управления

Через панель оператора (рис. 3.3) осуществляется индикация (дисплей) и управление (к примеру, аппаратные и программные клавиши) интерфейсом SINUMERIK Operate.

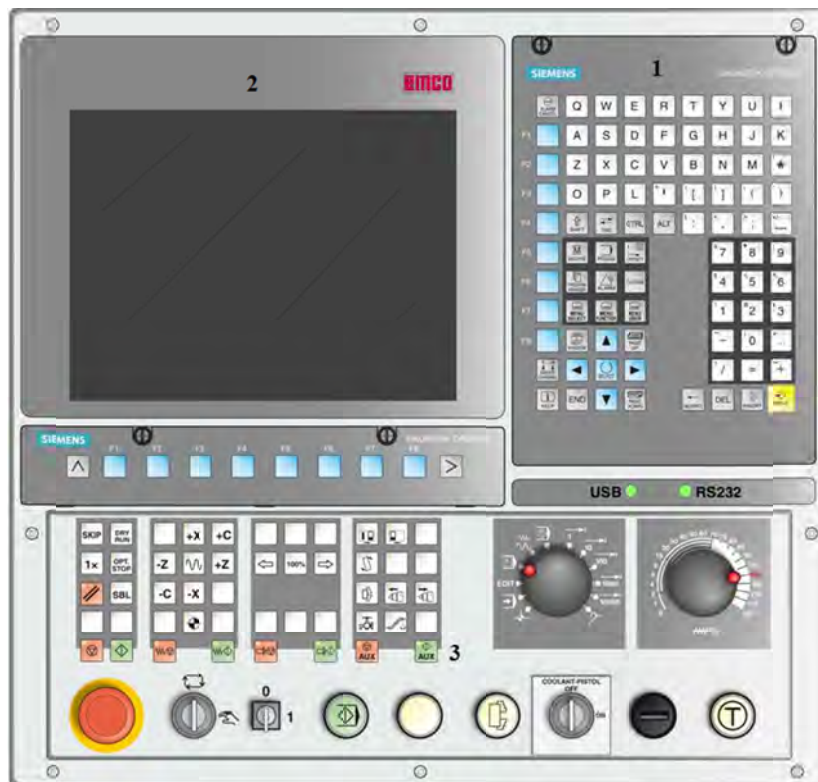


Рис. 3.3. Панель оператора:
 1 – программные клавиши; 2 – дисплей; 3 – аппаратные клавиши

Для переключения области управления необходимо нажать клавишу (MENU SELECT) и выбрать через горизонтальную панель программных клавиш необходимую область управления.

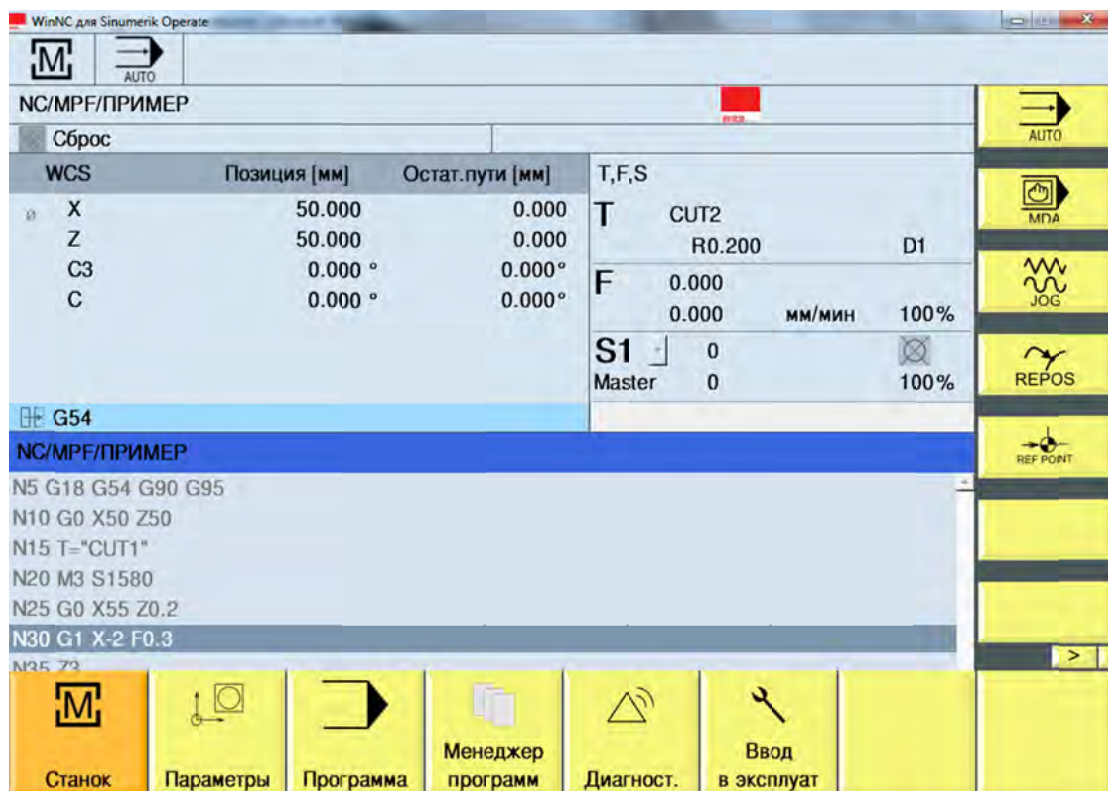


Рис. 3.4. Меню перехода по областям управления и режимов работы станка

Режим работы или вспомогательный режим работы может быть выбран напрямую через клавиши на станочном пульте или через вертикальные программные клавиши в главном меню.

Для создания программы ЧПУ необходимо перейти в область управления «Менеджер программ» (рис. 3.5). Это можно выполнить несколькими способами:

– в главном меню выбрать клавишу  ;

– нажать горизонтальную программную клавишу F4;

– нажать клавишу быстрого перехода  .

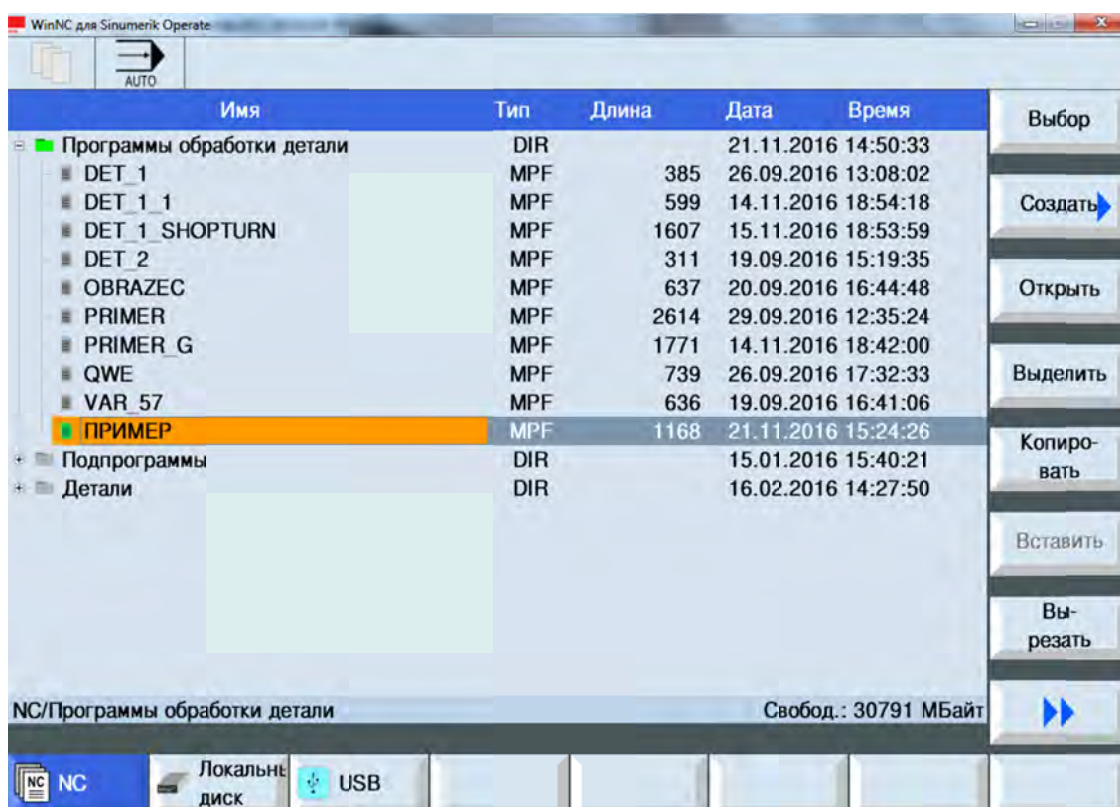
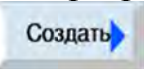



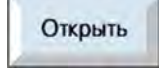


Рис. 3.5. Область управления «Менеджер программ»

Для создания новой программы в меню «Менеджер программ» необходимо выбрать клавишу  (вертикальная программная клавиша F2). При помощи клавиши  (вертикальная программная клавиша F4) выбирается вид программы «Новая программа кода G». В окне «Тип» выбираем «Главная программа MPF». В окне «Имя» задается имя для новой программы (рис. 3.6).

После создания новая программа появляется в «Менеджере программ» в директории «Программы обработки детали».

Для редактирования программы ее следует выбрать при помощи курсорных клавиш и открыть в области управления «Программа». Программа открывается клавишами  (курсор вправо),  (ввод) или  (вертикаль-

ная программная клавиша F3). После нажатия соответствующих клавиш выполняется автоматический переход в область управления «Программа» (рис. 3.7).

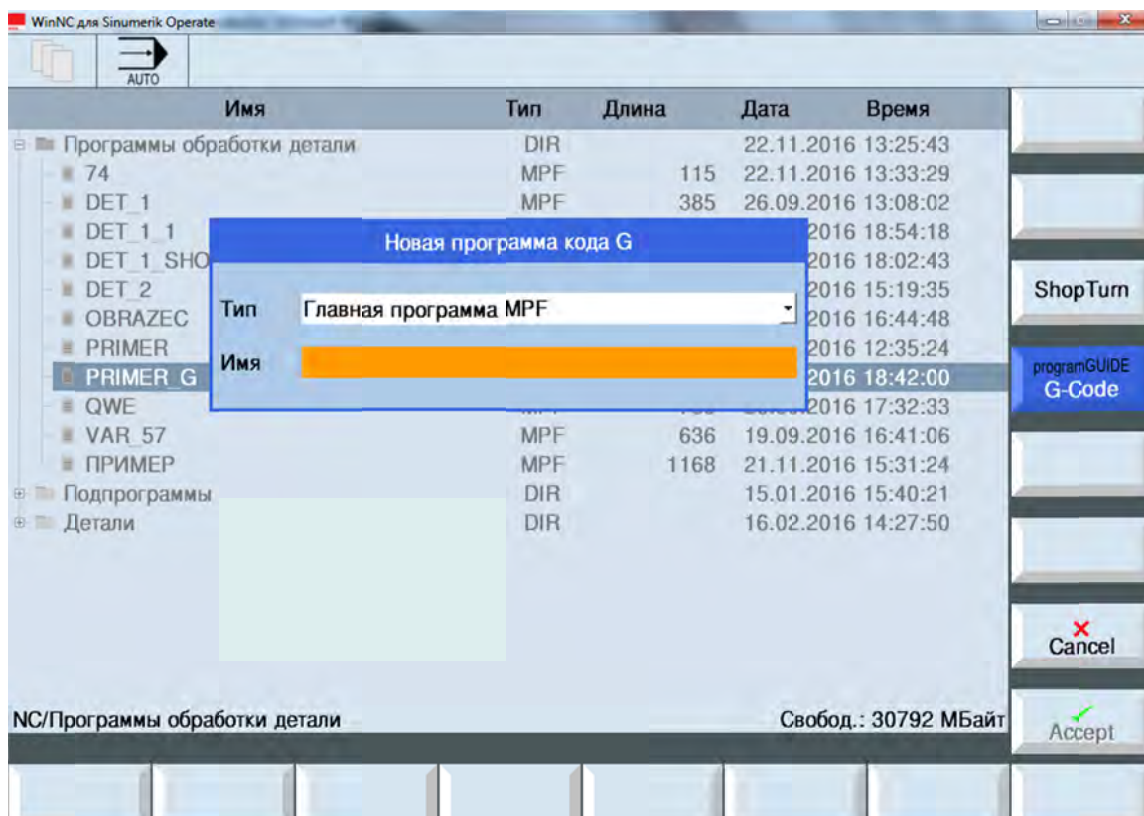


Рис. 3.6. Создание новой программы

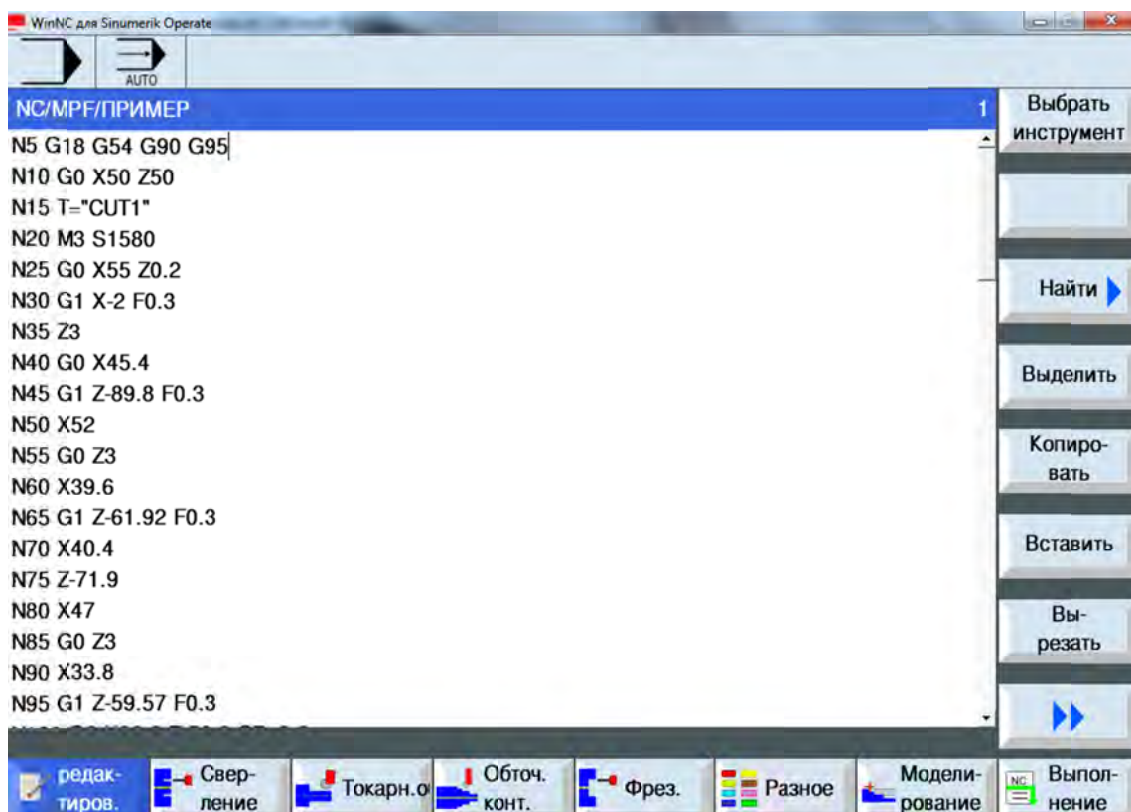


Рис. 3.7. Область управления «Программа» окно «Редактирование»

В окне «Редактирование» можно создавать, изменять и дополнять программы обработки детали. Текст программы набирается при помощи блока алфавитных и цифровых клавиш, а редактирование текста при помощи блока клавиш управления на панели оператора станка. Перемещение курсора между кадрами программы и внутри кадра осуществляется при помощи блока курсорных клавиш (рис. 3.8).

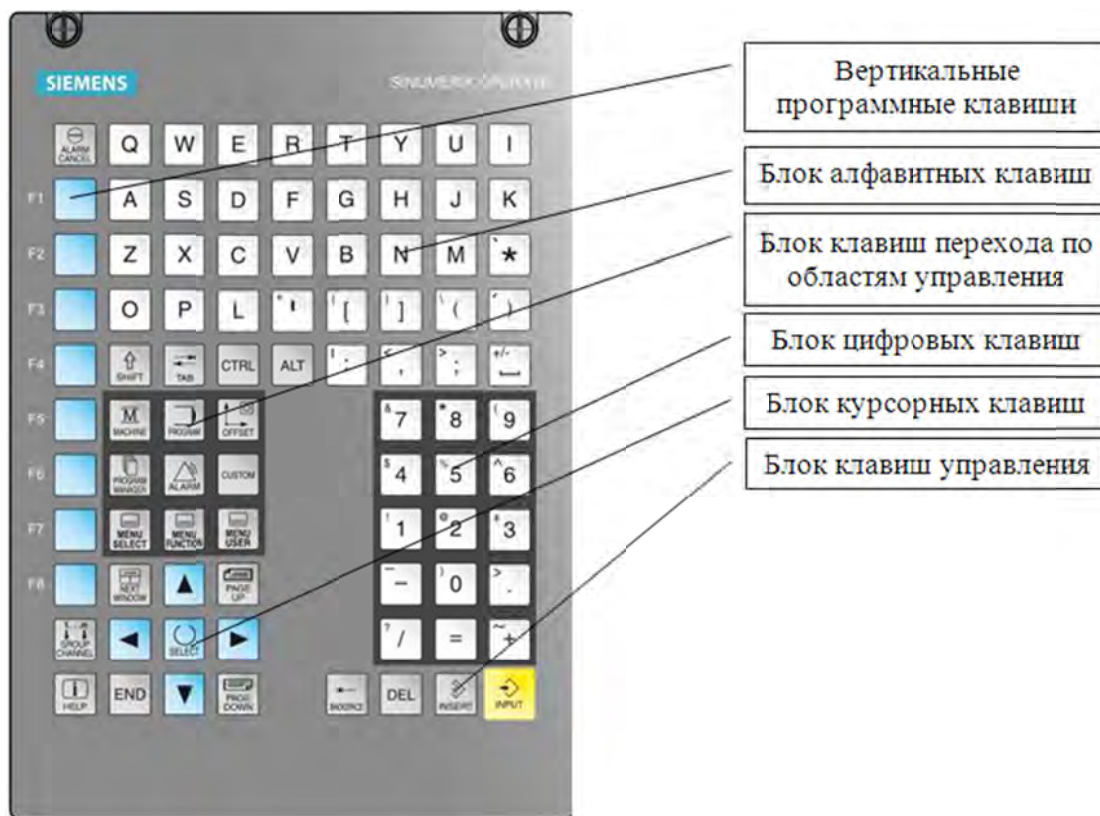


Рис. 3.8. Блок алфавитных и цифровых клавиш

Для выбора инструмента в окне «Редактирование» области управления «Программа» необходимо нажать клавишу **Выбрать инструмент** (вертикальная программная клавиша F1). После этого выполняется автоматический переход в область управления «Параметры» в окно «Список инструментов» (рис. 3.9). При помощи курсорных клавиш на панели оператора выбирается нужный инструмент, а затем происходит возврат в окно редактирования программы при помощи клавиши **В программу** (вертикальная программная клавиша F1). После этого в тексте программы появляется кадр с названием выбранного инструмента (рис. 3.10).

Примечание. Иногда обозначение режущего инструмента, заложенного в базе станда для обработки, может отличаться от принятого ранее (см. табл. 1.11 и 2.1). В этом случае просто принимаем подходящий из таблицы (см. рис. 3.9). При этом запись кадра с указанием инструмента будет отличаться.

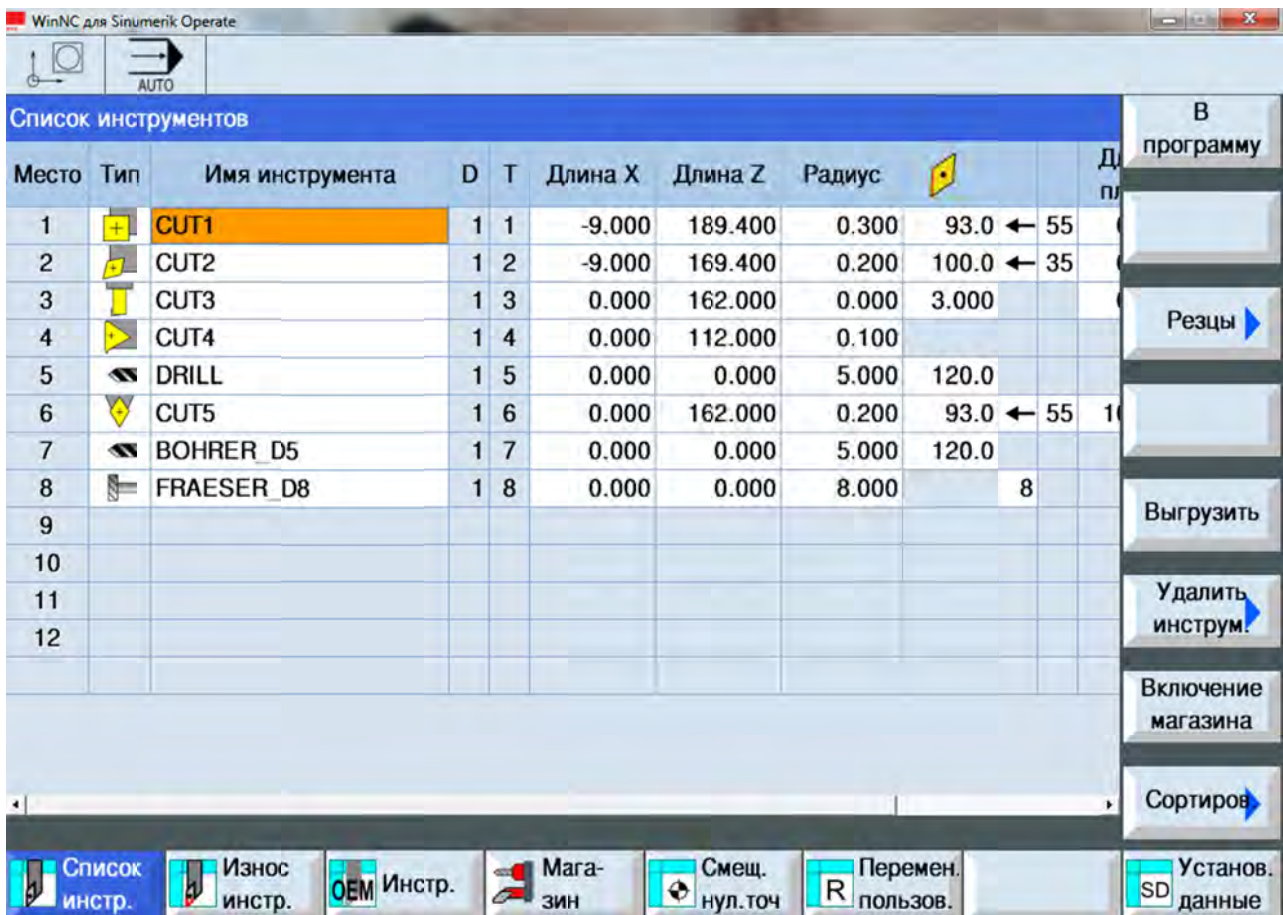


Рис. 3.9. Область управления «Параметры» окно «Список инструментов»

```

N15 T="CUT1"
N20 M3 S1580
N25 G0 X55 Z0.2
N30 G1 X-2 F0.3
N35 Z3

```

Рис. 3.10. Фрагмент текста программы с выбранным инструментом (кадр N15)

После написания или редактирования программы можно запустить симуляцию обработки в окне «Моделирование» (рис. 3.11). При моделировании осуществляется полное вычисление актуальной программы и представление результата в графическом виде. Без перемещения осей станка контролируется результат программирования. Неправильно запрограммированные этапы обработки своевременно распознаются, не допуская неправильную обработку детали.

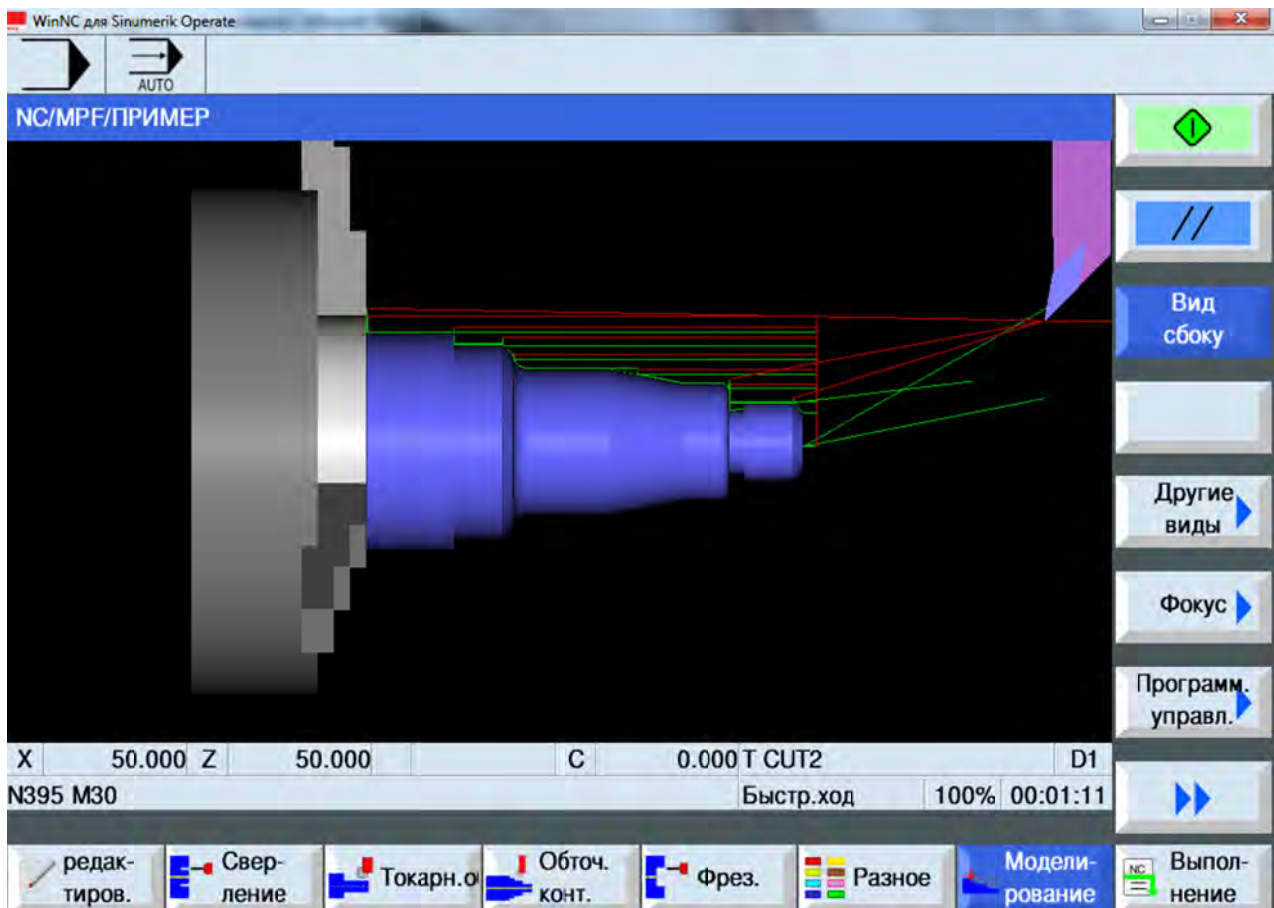


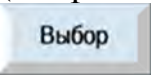


Рис. 3.11. Область управления «Программа» окно «Моделирование»

Для запуска моделирования обработки необходимо нажать клавишу  (вертикальная программная клавиша F1). Отмена симуляции осуществляется при помощи клавиши  (вертикальная программная клавиша F2).

Для запуска программы обработки детали в автоматическом режиме работы станка необходимо перейти в область управления «Менеджер программ» (см. рис. 3.5), установить курсор на необходимую программу и нажать клавишу  (вертикальная программная клавиша F1). Программа выбирается на выполнение и происходит автоматический переход в область управления «Станок» (рис. 3.12).

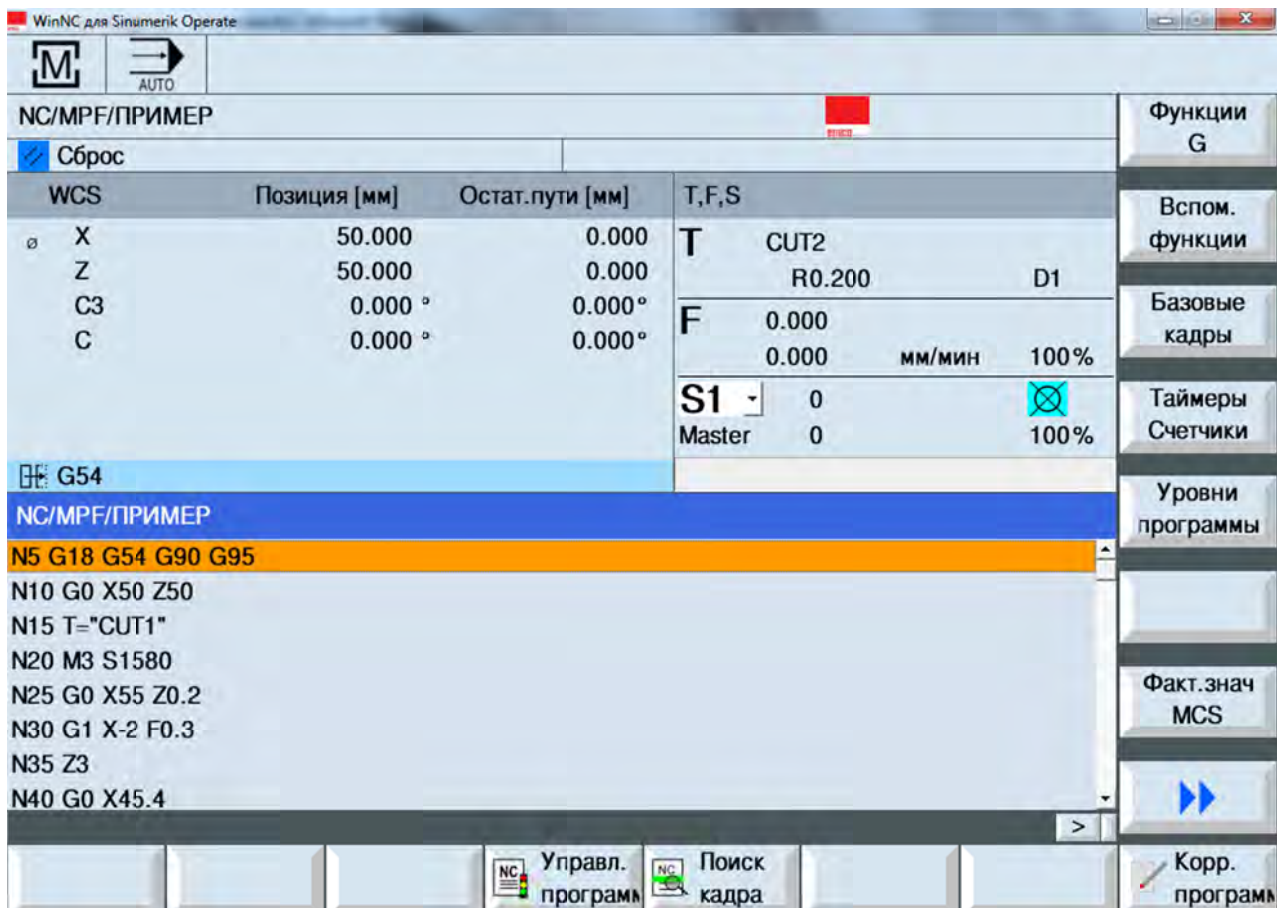





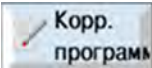
Рис. 3.12. Область управления «Станок»


Программа запускается и выполняется в режиме работы «Авто» после нажатия клавиши  (NC Start) на панели оператора станка. При нажатии клавиши  (NC Stop) обработка сразу же останавливается, отдельные кадры программы не выполняются до конца. При следующем старте обработка продолжается с места, где она была остановлена. При нажатии клавиши  (Reset) выполнение программы отменяется. При следующем старте обработка начинается сначала.


Как только СЧПУ определяет синтаксическую ошибку в программе, обработка программы останавливается и синтаксическая ошибка индицируется в строке ошибок. Возникает необходимость коррекции программы.

В зависимости от того, в каком состоянии находится СЧПУ, с помощью функции коррекции программы могут быть внесены следующие исправления:

- в состоянии останова могут быть изменены только строки, которые еще не были обработаны;
- в состоянии Reset могут быть изменены все строки.

Для коррекции программы необходимо нажать клавишу  (горизонтальная программная клавиша F8). Программа открывается в области управления «Программа» в окне редактора. После внесения необходимых исправлений

при помощи клавиши  (горизонтальная программная клавиша F8) система автоматически переходит в область управления «Станок» и выбирается режим работы «Авто».

Для продолжения обработки необходимо снова нажать клавишу  (NC Start).

Примечание. Если в заложенных в память станда для отработки функциях отсутствует подготовительная функция отвода к фиксированной точке (G75), можно применить подготовительную функцию движения на укоренном ходу (G0) для отвода режущего инструмента на безопасное расстояние перед началом работы, для смены и при окончании работы.

Лабораторная работа № 4

ВВОД И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ И ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ

Цель работы: освоение методики отработки управляющей программы обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250.

Задание: провести обработку детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методикой отработки управляющей программы обработки детали на токарном станке с ЧПУ.
2. Используя рекомендации, представленные в лабораторной работе, ввести составленную управляющую программу для обработки детали на станке.
3. Запустить обработку детали.

Общие положения

Основные функции делятся на рабочие зоны (серым фоном) в управлении (рис. 4.1).

Пользователь может вызвать все функции через интерфейс пользователя.

Интерфейс пользователя включает:

- узлы дисплея, такие как монитор, светодиоды и др.;
- элементы оператора, такие как кнопки, выключатели, штурвалы и др.



Рис. 4.1. Рабочие зоны станка

Последовательность работы

Работа на станке осуществляется при помощи панели управления оператора (рис. 4.2).

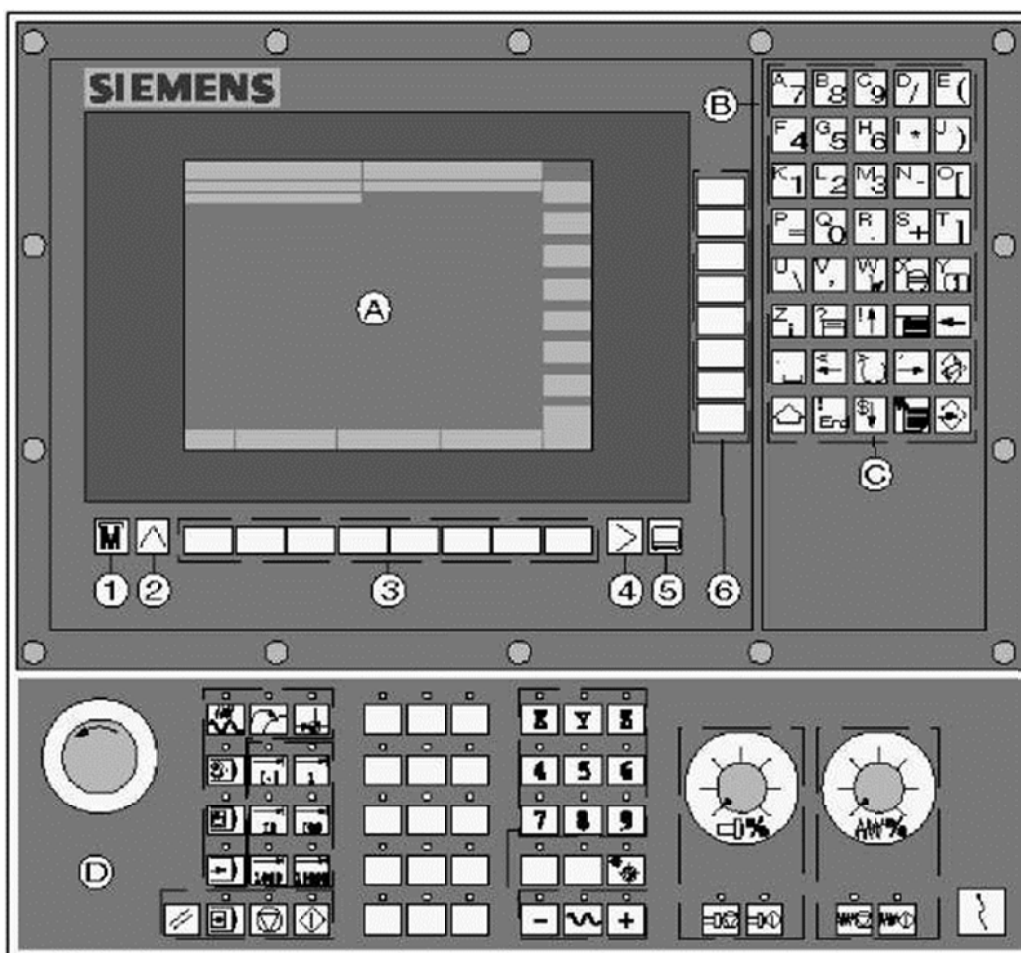



Рис. 4.2. Панель управления оператора с панелью управления станка:
A – графический монитор, монохромный/цветной; *B* – кнопки с буквами и цифрами;
C – кнопки курсора/редактирования с клавиатурой управления и кнопкой ввода;
D – панель управления станка; *1* – кнопка зоны «Станок»; *2* – повторный вызов;
3 – горизонтально расположенные программные кнопки; *4* – кнопка ETC расширения меню;
5 – переключатель зоны; *6* – вертикально расположенные программные кнопки

При нажатии кнопки  «Areaswitchover» (переключатель зоны) рабочие зоны отображаются на дисплее в горизонтальной колонке кнопок, а режимы отображаются на дисплее в вертикальной колонке кнопок. При помощи этой кнопки можно переключиться в любое меню зоны и выбрать другой режим или рабочую зону.

При повторном нажатии этой кнопки можно переключаться между последними выбранными рабочими зонами (рис. 4.3), т. е. между рабочими зонами «Parameters» и «Machine» (станок).

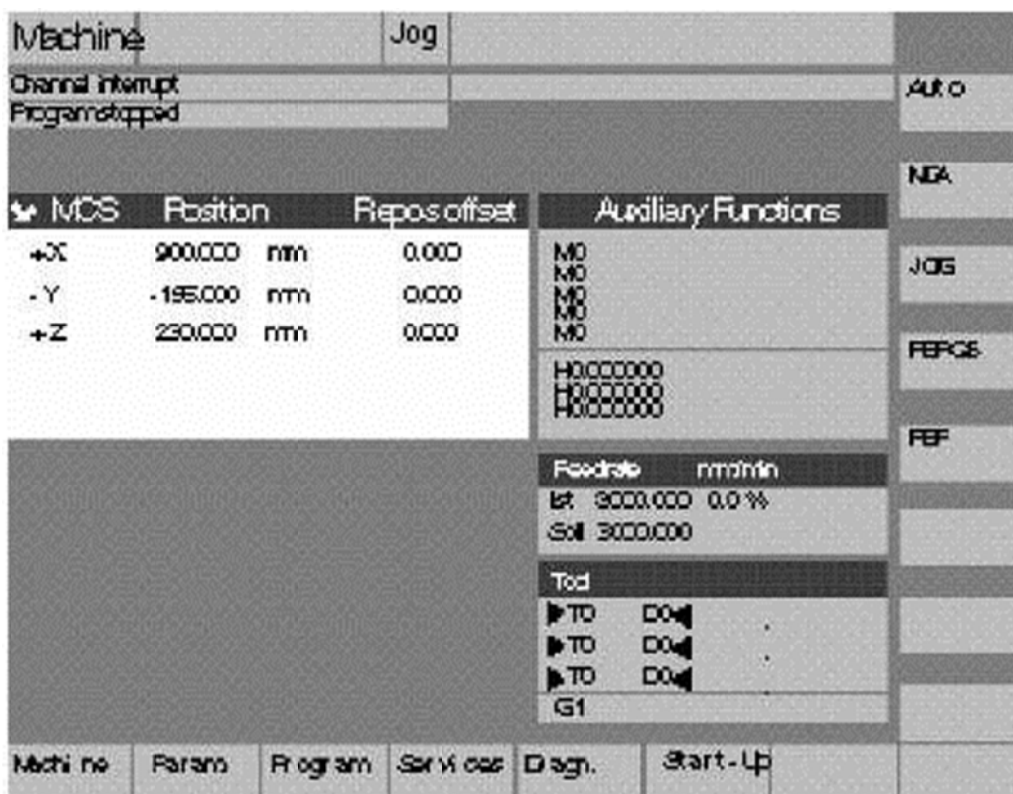


Рис. 4.3. Рабочая зона «Станок»

К станку может подключаться стандартная клавиатура PC. Однако панель управления требует дополнение к этой клавиатуре.


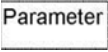













Редактор отображает на дисплее признаки, которые могут быть введены через клавиатуру панели управления оператора.









Кнопки специальных функций оператора также могут быть использованы с клавиатурой PC. В следующей таблице показано как горизонтальные и вертикальные кнопки соответствуют кнопкам PC (рис. 4.4 и табл. 4.1):

Клавиатура PC	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
с SHIFT	Верт. клав. 1	Верт. клав. 2	Верт. клав. 3	Верт. клав. 4	Верт. клав. 5	Верт. клав. 6	Верт. клав. 7	Верт. клав. 8	>	M		
без SHIFT	Гориз. клав. 1	Гориз. клав. 2	Гориз. клав. 3	Гориз. клав. 4	Гориз. клав. 5	Гориз. клав. 6	Гориз. клав. 7	Гориз. клав. 8	^	≡	W _{on} ↑↓	Y i
Клавиатура PC	4	Esc	Insert	Home	Page Up	Page Down	Enter	Tab				
без SHIFT	↻	X ⊖		? ≡	' ≡	% ≡	↔	: End				

Рис. 4.4. Стандартная клавиатура

Элементы клавиатуры на панели управления оператора

	Кнопка предназначена для функции в меню, изображенном на экране
	Нажатая кнопка появляется на экране
	Кнопка повторного вызова. Возврат к предыдущему меню. Повторный вызов закрывает меню без сохранения отредактированных значений
	Кнопка ETC. Кнопка расширения горизонтального меню
	Кнопка зоны станка. Переход напрямую в рабочую зону «Machine» (станок)
	Переключатель зоны («Areaswitchover») С этой кнопкой можно вызвать основное меню из любой рабочей зоны. Отображаются рабочие зоны и основные функции, которые можно выбрать на клавиатуре
	Кнопка SHIFT. Переключает кнопки с двойным назначением
	Переключатель канала. Если используется несколько каналов можно переключать между ними
	Кнопка аварийных сообщений. При нажатии этой кнопки, можно узнать об аварии с ее определением
	Кнопка информации. При помощи этой кнопки вызывается объяснение и информация о состоянии текущей операции. Символ «i» появившийся на дисплее в диалоговой строке, указывает, что возможно получить информацию о работе, нажав на кнопку информации
	Кнопка выбора окна. В некоторых окнах, отображенных на экране дисплея, можно выбрать другое окно действующим при использовании кнопки выбора окна (у окна более толстые края). Ввод с клавиатуры, т. е. кнопки страниц, возможен только в действующем окне
	Курсор вверх
	Стирать назад (Backspace). Стирает характеристики справа налево
	Пропуск, пробел
	Курсор влево

	<p>Кнопка выбора/переключатель:</p> <ul style="list-style-type: none"> – кнопка выбора для настройки значений в полях ввода и выбора перечней, которые указаны при помощи этой кнопки с символом; – активизирует или деактивирует поле
	Курсор вправо
	<p>Кнопка редактирования/кнопка UNDO (отмена):</p> <ul style="list-style-type: none"> – переключает между режимом навигации и редактирования в таблицах и полях ввода (в этом случае поле ввода находится в режиме вставки); – функция UNDO (отмена) таблицы элементов и полей ввода (когда выходите из поля с кнопкой редактирования, значение не сохраняется, а поле сбрасывается на предыдущее значение = UNDO); – переключает на режим калькулятора, если используете MMC 100. Нажав на эту кнопку, вводите значение, затем символ одной из 4-х основных арифметических операций (+, -, /, *) и вводите другое значение для получения результата
	<p>Кнопка конца линии:</p> <ul style="list-style-type: none"> – курсор перемещается на конец линии действующей страницы в поле ввода и в редакторе; – быстрое позиционирование курсора на группу соответствующих полей ввода
	Курсор вниз
 	<p>Перелистывание назад / перелистывание вперед.</p> <p>В программе детали можно пролистать назад (к концу программы) или вперед (к началу программы). При помощи кнопки перелистывания можно прокручивать содержание на дисплее действующего окна. При помощи прокручивания можно увидеть, какая часть программы/документа выбраны</p>
	<p>Кнопка ввода:</p> <ul style="list-style-type: none"> – принимает отредактированные значения; – открывает/закрывает директории; – открывает файл

Панель управления станка

Действия на станке, например, перемещение осей или пуск программы можно осуществить только при помощи панели управления станка.

Станок может быть оснащен или стандартной панелью управления от SIEMENS (по заказу) или специальной панелью управления от производителя станка.

Стандартная панель управления от SIEMENS оснащена следующими кнопками управления оператора (рис. 4.5):

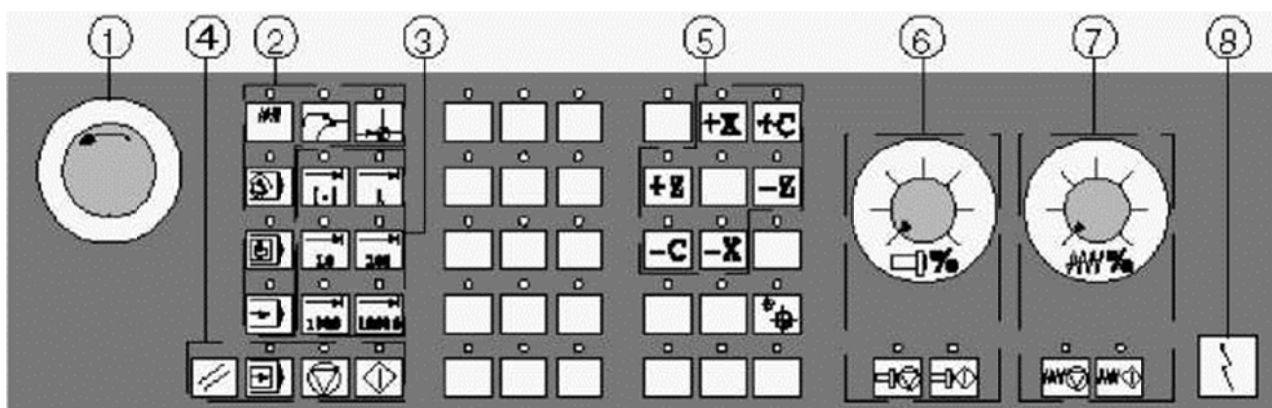


Рис. 4.5. Панель управления для токарных станков:

1 – аварийный стоп; 2 – рабочие режимы с функциями станка; 3 – дискретные перемещения; 4 – управление программой; 5 – кнопки управления с быстрым перемещением; 6 – управление шпинделем; 7 – управление подачей; 8 – переключатель с ключом

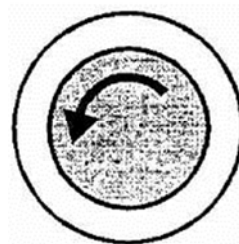
Аварийный Стоп

Кнопка аварийной остановки

Нажимаем красную кнопку в следующих аварийных ситуациях:

1. Если жизнь человека в опасности.
2. Если имеется опасность поломки станка или детали.

Как правило, аварийная остановка вызывает остановку привода под управлением с наибольшим торможением крутящего момента.



Режимы

При нажатии кнопок «Режим работы» выбирается соответствующий режим если он разрешен, а все другие режимы и функции убираются.

Действующий режим сигнализируется и подтверждается светодиодом над кнопкой.



Ручной (Jog)

Бесперывные движения осей станка при помощи кнопок направления или инкрементное движение осей при помощи кнопок направления или маховичка.



Преднабор (MDA)

Управление станком выполнением блока или части блоков. Блоки вводятся через панель оператора.



Автоматический режим (Automatic)

Управление станком при автоматической работе программы.

Кнопки «Инкрементных перемещений»



Переменная инкрементная подача
Дискретные перемещения с переменным инкрементом (через установку данных).



Инкрементная подача
Дискретные перемещения с установленным инкрементом 1.



Инкрементная подача
Дискретные перемещения с установленным инкрементом 10.



Инкрементная подача
Дискретные перемещения с установленным инкрементом 100.



Инкрементная подача
Дискретные перемещения с установленным инкрементом 1000.



Инкрементная передача
Дискретные перемещения с установленным инкрементом 10000.

Функции станка



Обучение (TeachIn)
Разработка программы в диалоге со станком в режиме «Преднабор (MDA)».



Траектория (Repose)
Позиционирование назад
Позиционирование назад, повторный подвод по контуру в режиме «Ручной (Jog)»



Референт (Ref)
Выход в референтную точку
Выход в референтную точку (Ref) в режиме «Ручной (Jog)»

Управление подачей



Скорость подачи/быстрого хода (переключатель регулирования скорости)

Диапазон управления: от 0 до 120 % запрограммированной скорости подачи.

При быстром ходе значение не превышает 100 %.

Установки: 0 %, 1 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 75 %, 80 %, 85 %, 90 %, 95 %, 100 %, 105 %, 110 %, 115 %, 120 %.



Останов подачи

При нажатии на кнопку «Feedhold (Останов подачи)»:

- останавливается выполнение текущей программы;
- приводы осей останавливаются под контролем;
- засветится соответствующий светодиод LED, как только остановка будет принята управлением.

Применение:

- 1) обнаруживается ошибка во время выполнения блока в режиме «Преднабор (MDA)»;
- 2) должна быть осуществлена смена инструмента.



Пуск подачи

При нажатии на кнопку «Feedstart (Пуск подачи)»:

- программа детали продолжается в текущем блоке;
- скорость подачи увеличивается до определенного в программе значения;
- засветится соответствующий светодиод LED, как только пуск будет принят управлением.

КСС/КСД



Переключает между координатной системой станка и координатной системой детали.

Кнопки осей (для токарных станков)



Перемещение выбранной оси (X...Z) в положительном направлении.



Перемещение выбранной оси (X...Z) в противоположном направлении.



Наложение быстрого хода. При нажатии этой кнопки вместе с одной из вышеописанных кнопок будет осуществляться перемещение быстрым ходом по соответствующей оси.

Кнопки осей (для фрезерных станков)



Выбор оси (X...Z) для перемещения.



При нажатии на кнопку «+» осуществляется перемещение по оси в положительном направлении.



При нажатии на кнопку «-» осуществляется перемещение по оси в отрицательном направлении.



Наложение быстрого хода. При нажатии этой кнопки вместе с одной из вышеописанных кнопок будет осуществляться перемещение быстрым ходом по соответствующей оси.

Управление шпинделем



Скорость шпинделя (переключатель скорости шпинделя)

Переключатель с позициями по траектории круга позволяет увеличить или снизить запрограммированную скорость шпинделя S (равную 100 %).

Установленная скорость шпинделя S отображается на экране дисплея в процентах или в абсолютных значениях.

Диапазон управления: 50–120 % от запрограммированной скорости шпинделя.

Инкремент: 5 % от позиции к позиции по траектории.



Стоп шпинделя

При нажатии на кнопку «SpindleStop (Стоп шпинделя)»:

- скорость шпинделя снизится до 0;
- засветится соответствующий светодиод LED, как только остановка шпинделя будет принята управлением.

Применение:

- для смены инструмента;
- для ввода S , T , H , M -функций во время настройки.



Пуск шпинделя

При нажатии на кнопку «SpindleStart (Пуск шпинделя)»:

- скорость шпинделя увеличится до определенного в программе значения;
- засветится соответствующий светодиод LED, как только пуск шпинделя будет принят управлением.

Управление программой



Пуск NC

При нажатии на кнопку «NC start» запускается с текущего блока выбранная программа детали и загорается соответствующий светодиод.



Стоп NC

При нажатии кнопки «NC stop» текущей программы по обработке детали прерывается и загорается соответствующий светодиод, если функция будет принята управлением.

После этого можно продолжить обработку при помощи пуска NC.



Единичный блок

Эта функция дает опцию выполнения программы обработки детали по блочно. Можно активизировать функцию единичного блока в «Автомат» и в режиме «Преднабор (MDA)». Когда действует единичный блок, светится соответствующий светодиод на панели управления станка.

Если действует единичный блок:

- SBL1 или SBL2 отображается на экране (в линии статуса канала);

- текст «Stop: Blockendedin SBL mode» (Стоп: Блок закончен в режиме Единичный блок) в сообщении оперативного канала (в состоянии прерывания);
 - текущий блок программы детали не выполняется, пока не нажата кнопка «NC start»;
 - обработка останавливается после выполнения одного блока;
 - следующий блок выполнится, если снова нажать на кнопку «NC start».
- Функция зависит от режима установки в управлении программы. Можно отменить функцию, снова нажав на кнопку «Singleblock (Единичный блок)».



Сброс

При нажатии кнопки «Reset (Сброс)»:

- обработка текущей программы детали прекратится;
- сообщения из функции мониторинга стирается, если не включено питание или аварийный вызов;
- канал устанавливается в состоянии «Сброс (Reset)», т. е.:
 - 1) управление NC остается синхронным со станком;
 - 2) все буферы и рабочая память стираются (но содержание памяти программы детали – нет);
 - 3) управление устанавливается в начальном состоянии и готово для работы другой программы.

Графический интерфейс

Разъяснение элементов дисплея (рис. 4.6):

1. Рабочая зона:

Станок, Параметры, Программа, Сервис, Диагностика, Старт, Соединение.

2. Статус канала (верхняя линия):

- сброс канала;
- прерывание канала;
- действующий канал.

3 Статус программы (нижняя линия):

- прерывание программы;
- ход программы;
- остановленная программа.

4. Имя канала.

5. Аварии и сообщения:

- аварии и сообщения;
- инструкции, которые были запрограммированы в программе детали с использованием команды MSG (если нет аварии).

6. Режимы «Ручной (JOG)», «Преднабор (MDA)» и «Автоматический (Automat)».

7. Имя выбранной программы.

Вы можете запустить программу через Пуск NC.

8. Сообщения рабочего канала:

1. Стоп: Нет готовности ЧПУ (NC).
2. Стоп: Нет готовности группы устройств.
3. Стоп: Действует аварийный останов.
4. Стоп: Действует аварийное предупреждение с остановкой.
5. Стоп: Действует M0 / M1.
6. Стоп: Закончен блок в режиме единичный блок (SBL).
7. Стоп: Действует Стоп NC.
8. Ожидание: Чтение возможно.
9. Ожидание: Скорость подачи возможна.
10. Ожидание: Действует время выдержки.
11. Ожидание: Признание осевой функции.
12. Ожидание: Разрешение оси.
13. Ожидание: Нет точного останова.
14. Ожидание: Позиционирование оси.
15. Ожидание: Шпиндель.
16. Ожидание: Другого канала.
17. Ожидание: Скорости подачи 0 %.
18. Стоп: Не корректный NC блок.
19. Ожидание: Внешнее для NC блока.
20. Ожидание: Инструкции SYNACT.
21. Ожидание: Действует поиск блока.
22. Ожидание: Шпиндель не разрешен.
23. Ожидание: Значение скорости подачи 0.
24. Ожидание: Опознавание смены инструмента.
25. Ожидание: Смены ступеней редуктора.
26. Ожидание: Контроля позиции.
27. Ожидание: Нарезания резьбы.
28. Ожидание: Подъема.
29. Ожидание: Безопасность работы.

9. Дисплей статуса канала:

- SKP пропуск блока;
- DRU скорость подачи холостого хода;
- ROV скорость быстрого хода;
- SBL1 единичный блок: стоп после каждого блока, который передает функцию на станок;
- SBL2 единичный блок: стоп после каждого блока;
- M01 считается условным остановом;
- DRF действует коррекция;
- PRT тест программы;
- FST стоп подачи.

10. Информация относительно меню:

- i информация может быть на дисплее;
- ^ повторный вызов (возврат к следующему меню);

– > и т. д. (расширение горизонтального меню кнопок).

11. Рабочее окно и дисплей NC.

12. Диалоговая линия с информацией пользователя.

13. Действующее окно.

Выбранное окно указывается утолщенными краями. Ведущее окно отображается в инверсивном формате.

14. Горизонтально расположенная клавиатура с 8-ю функциональными кнопками (эквивалентно F1–F8 клавиатуре).

15. Вертикально расположенная клавиатура с 8-ю функциональными кнопками (эквивалентно Shift + F1 – Shift + F8 клавиатуре).

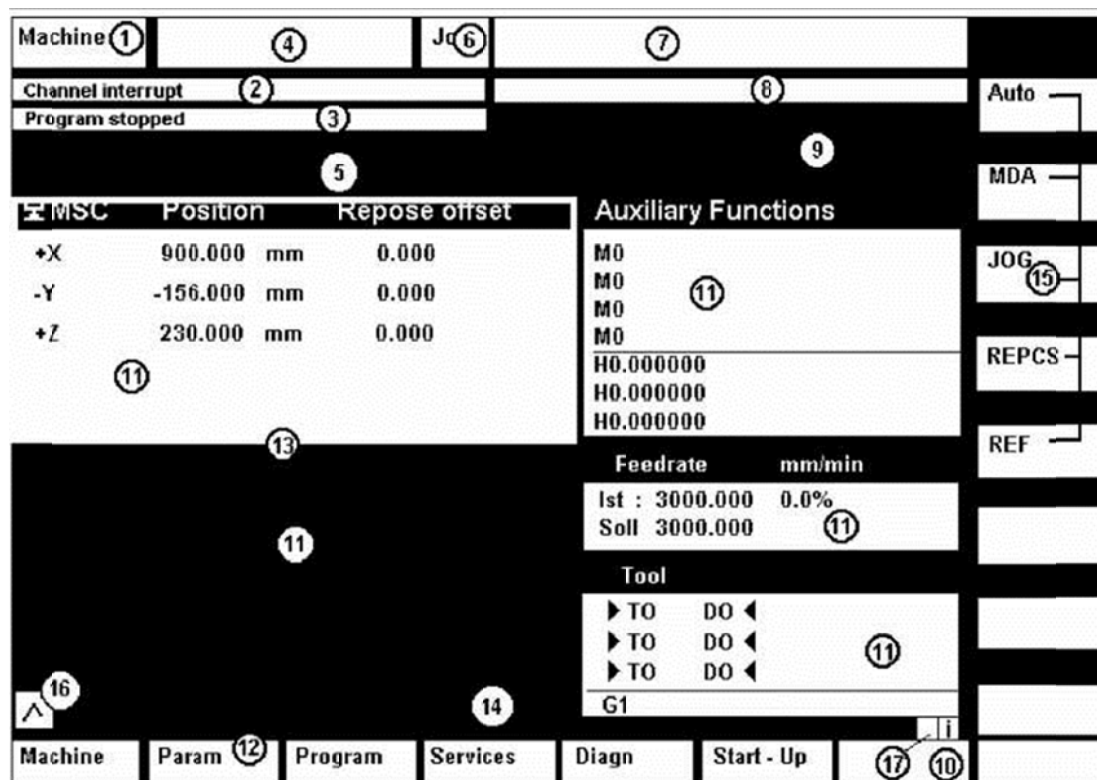


Рис. 4.6. Расположение экрана, клавиатуры:

- 1 – рабочая зона; 2 – статус канала; 3 – статус программы; 4 – имя канала;
5 – аварии и сообщения; 6 – режим; 7 – имя программы; 8 – сообщения рабочего канала;
9 – дисплей статуса канала; 10 – информация относительно меню (Помощь); 11 – рабочее окно и дисплей NC; 12 – диалоговая линия с информацией пользователя; 13 – действующее окно;
14 – горизонтально расположенные программные кнопки; 15 – вертикально расположенные программные кнопки; 16 – функция повторного вызова; 17 – ETC-функция

Руководство по окнам экрана



При помощи кнопки «Windowselection (Выбор окна)» можно активизировать функциональное окно (перелистывание, ввод и т. д.), в котором хотите работать. Выбранное окно указывается утолщенным краем.



После выбора окна можно перелистывать в окне при помощи кнопки «Page (Страница)», если это возможно.

Отображение статуса канала

Только функции, которые действуют – видимы. Линия статуса отображается на дисплее, несмотря на выбранное меню (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Статус канала

SKP Пропуск блока	Блоки программы, отмеченные слешем перед номером блока, игнорируются в ходе программы (т. е. «/N100...»)
DRY Скорость подачи	Перемещения осуществляются со значением скорости подачи, установленным в установочных данных «DryRun-FeedRate» (скорость холостого хода подачи холостого хода). Функция скорости подачи холостого хода заменяет запрограммированные команды перемещения
ROV Скорость быстрого хода	Выключатель скорости подачи также применяется для скорости подачи быстрого хода
SBL1 Единичный блок с остановом после каждого блока	Если действует эта функция, выполнение прерывается после каждого блока, который передает функцию на станке (расчетные блоки не влияют на функции станка)
SBL2 Единичный блок с остановом после каждого блока	Если действует эта функция, блоки программы детали выполняются следующим образом: каждый блок декодируется отдельно и выполнение останавливается после каждого блока. Блоки резьбы без скорости подачи холостого хода являются исключением. Здесь выполнение прерывается только в конце текущего блока резьбы. SBL2 может быть выбран только в состоянии сброса

Блоки программы детали (табл. 4.3):

- блоки перемещения;
- функции включения и осевые функции;
- блоки, сгенерированные управлением (т.е. блоки, вставленные коррективкой радиуса инструмента);
- блоки резьбы после отвода;
- блоки резьбы со скоростью подачи холостого хода.

Примечание. Могут быть выбраны либо SBL1 либо SBL2!

Блоки программы

M01 Запрограммированный стоп	Если действует эта функция, обработка программы останавливается при блоках, содержащих смешанную функцию M01. Сообщение «Stop:M00/M01 active (Стоп: действует M00/M01)» отображается на экране. Вы можете возобновить обработку кнопкой пуска NC. Если функция не действует, смешанная функция M01 (из программы детали) игнорируется
DRF Выбор DRF	Если действует функция DRF, корректор DRF принимается во внимание
PRT Тест программы	При помощи теста программы выход в установленную точку осями и шпинделем не возможно. Дисплей «моделирует» перемещения к установленной точке
FST Стоп подачи	Активизация стопа подачи отображается на дисплее

Рабочие режимы

Рабочие режимы могут быть выбраны при помощи панели управления станка или программных кнопок меню.









Переключатель режимов работы станка.

Рабочая зона «Станок» состоит из всех функций и переменных управления, которые запускают действия на станке и определяют состояние. Зона «Станок» имеет 3 режима (табл. 4.4):

Таблица 4.4

Панель управления станка

Позиция переключателя  или кнопка 	Jog (Ручной)
Позиция переключателя  или кнопка 	MDA (Преднабор)
Позиция переключателя  или кнопка 	Automatic (Автомат)

Программные кнопки меню Станок:

Jog	Jog (Ручной)
MDA	MDA (Преднабор)
AUTO	Automatic (Автомат)

Режим работы Jog

Предусмотрен для следующей подготовительной деятельности:

- движение к референтной точке, т. е. ось станка реферируется;
- подготовка станка для выполнения программы в автоматическом режиме, т. е. измерение инструментов, измерение детали и при необходимости определение используемых в программе смещений нулевой точки;
- перемещение осей, к примеру, при прерывании программы;
- позиционирование осей.

Режим работы REF POINT

Служит для синхронизации СЧПУ и станка. Для этого в режиме работы Jog выполняется подвод к референтной точке.

Режим работы REPOS

Служит для перепозиционирования на определенную позицию.

После прерывания программы (к примеру, для коррекции значений износа инструмента) в режиме работы Jog инструмент отводится от контура.

В окне фактического значения пройденные в Jog разности хода индицируются как смещение REPOS.

Смещение REPOS может быть показано в системе координат станка (MCS) или в системе координат детали (WCS).

Режим работы MDA (Manual Data Automatic, преднабор)

В режиме работы MDA возможен покадровый ввод и обработка команд в G-кодах для отладки станка или выполнения отдельных операций.

Режим работы AUTO (автомат)

В автоматическом режиме программа может быть выполнена полностью или лишь частично.

Режим работы TEACH IN (обучение)

TEACH IN доступен в режиме работы AUTO и MDA.

В этом режиме можно создавать, изменять и выполнять программы обработки детали (главные и подпрограммы) для процессов движения или простых деталей посредством подвода и сохранения позиций.

5. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Цель работы: освоить методику проектирования технологической операции, составления карты наладки инструментов, подготовки данных и разработки управляющей программы для обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ.

Задание: разработать операцию механической обработки и составить управляющую программу для обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать индивидуальное задание.
2. Ознакомиться с техническими характеристиками: токарного станка с ЧПУ Concept Turn 250 и системы числового программного управления SINUMERIC фирмы SIEMENS (см. п. 1 и 2 пособия и прил. А–Г).
3. Ознакомиться с методикой подготовки исходных данных при проектировании управляющих программ для токарных станков с ЧПУ.
4. Описать общую информацию и контур детали.
5. Описать технологическую информацию (для каждого инструмента: режим резания, величину подвода/отвода, зону перемещений, зону контурной обработки).
6. Оформить операционную карту и карту эскизов на разработанную операцию (прил. К, Л, и М).
7. Составить управляющую программу.
8. Оформить карту кодирования информации (ККИ) – прил. Н, О.

Содержание контрольной работы

1. Название и цель работы, индивидуальное задание.
2. Схема установки заготовки.
3. Определение последовательности обработки детали, назначение припусков, расчет режимов резания.
4. Расчет опорных точек.
5. Управляющая программа.
6. Операционная карта, карта эскизов, карта кодирования информации.
Выбор варианта производится в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки студента.
Варианты заданий представлены в табл. 5.1.

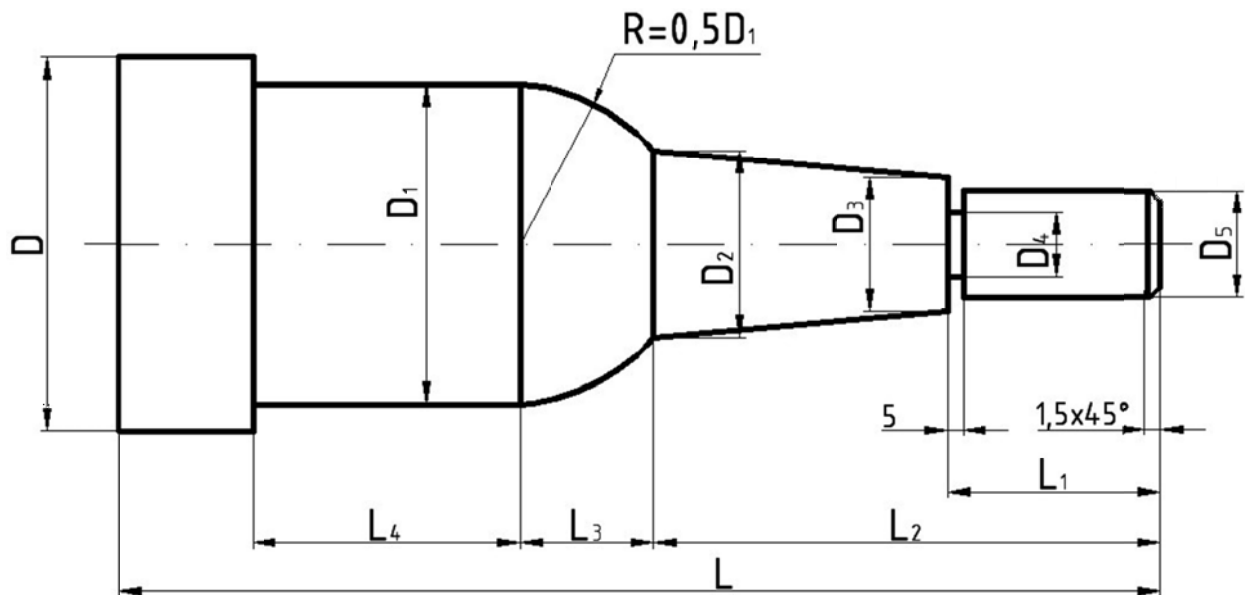


Рис. 5.1. Чертеж детали

Таблица 5.1

Варианты заданий

Номер варианта	Номинальные размеры детали, мм										
	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	L	L_1	L_2	L_3	L_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01; 26; 51; 76	25	22	22	15	10	12	100	25	40	0	15
02; 27; 52; 77	30	25	15	15	10	14	120	35	35	10,0	25
03; 28; 53; 78	30	26	26	20	12	16	125	30	50	0	30
04; 29; 54; 79	35	32	25	25	14	17	140	50	50	10,0	35
05; 30; 55; 80	40	33	33	28	18	21	150	40	80	0	25
06; 31; 56; 81	45	40	30	30	22	25	160	50	50	13,5	45
07; 32; 57; 82	50	44	44	30	20	24	160	45	80	0	30
08; 33; 58; 83	55	50	35	35	25	28	165	55	55	17,9	40
09; 34; 59; 84	55	49	49	40	30	34	170	50	90	0	35
10; 35; 60; 85	60	57	45	45	35	42	180	65	65	17,5	45
11; 36; 61; 86	65	60	60	50	40	45	190	50	100	0	45
12; 37; 62; 87	70	62	50	50	40	48	200	75	75	18,3	55
13; 38; 63; 88	75	70	70	55	42	48	220	60	120	0	50
14; 39; 64; 89	80	72	60	60	48	52	230	95	95	19,9	65
15; 40; 65; 90	85	80	80	60	51	55	250	80	150	0	50
16; 41; 66; 91	90	85	70	70	56	60	260	100	100	24,1	85
17; 42; 67; 92	95	90	90	70	62	65	260	70	145	0	65
18; 43; 68; 93	100	95	70	70	60	65	260	100	100	32,1	75
19; 44; 69; 94	105	100	100	80	70	75	260	75	150	0	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20; 45; 70; 95	110	105	80	80	70	75	265	125	125	34	60
21; 46; 71; 96	115	110	110	90	75	80	265	70	140	0	70
22; 47; 72; 97	120	115	90	90	80	85	270	120	120	35,8	65
23; 48; 73; 98	125	118	118	100	90	97	270	75	145	0	75
24; 49; 74; 99	130	125	105	105	95	100	270	105	105	33,9	80
25; 50; 75; 100	135	130	130	110	95	100	270	65	135	0	85

Заготовка: круг диаметром D и длиной L , материал заготовки сталь 45 ГОСТ 1050-88 (170–229 НВ).

Точность диаметральных размеров h9, линейных – IT14/2, шероховатость всех поверхностей $Ra = 6,3$ мкм.

Геометрическая информация по типовой детали

5.1. Определение последовательности обработки детали, назначение припусков, расчет режимов резания

Подготовку управляющей программы рассмотрим на примере для детали, указанной на рис. 5.2.

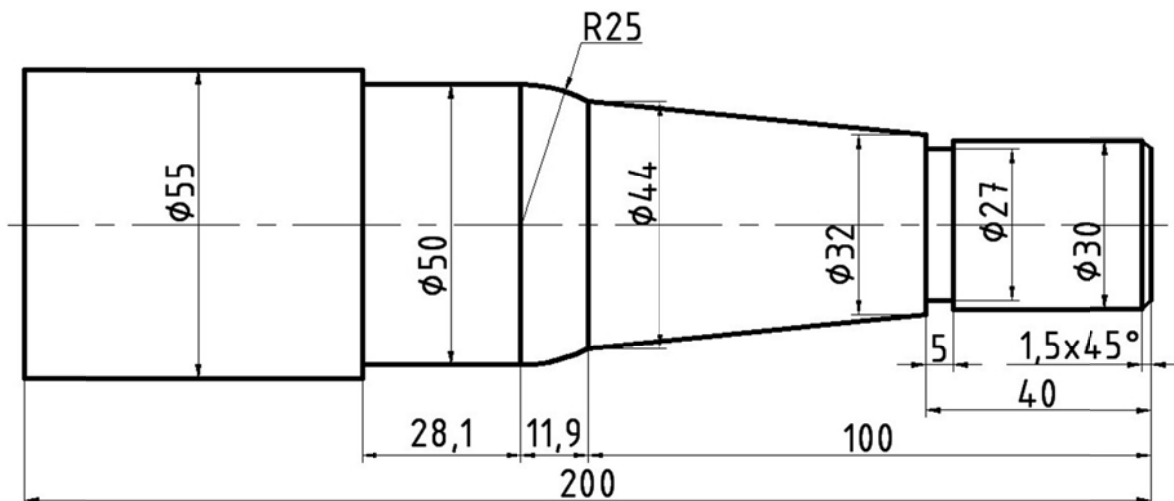


Рис. 5.2. Эскиз обрабатываемой детали

Схема установки заготовки на станке приведена на рис. 5.3.

При определении последовательности выполнения рабочих ходов следует учесть, что в первую очередь выполняются черновые рабочие ходы, затем фаски, чистовые рабочие ходы, проточка канавок. Обработку поверхностей проведем в два этапа: черновое и чистовое точение. Пользуясь методическими указаниями [3], выберем припуски для механической обработки.

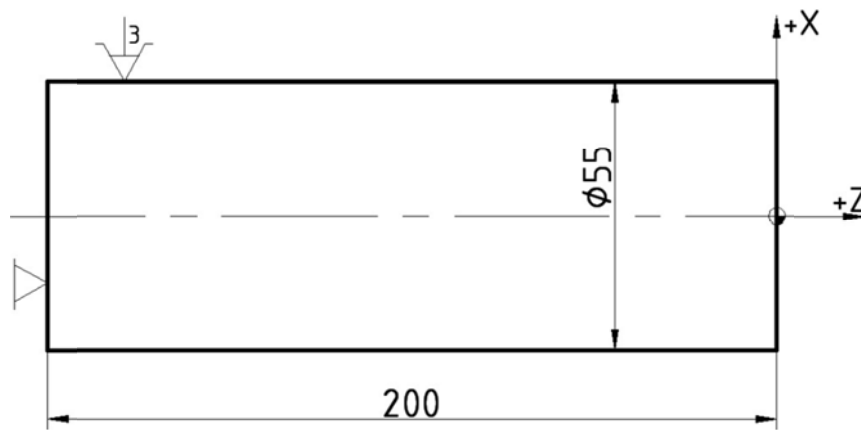


Рис. 5.3. Схема установки заготовки

Примем по всем поверхностям черновой припуск $2Z_{\min \text{ черн}} = 6$ мм, чистовой припуск $2Z_{\min \text{ чист}} = 0,4$ мм, так как к ним предъявляются примерно одинаковые требования по точности и шероховатости поверхности. После выполнения чернового перехода получим 12 квалитет, шероховатость $Ra = 12,5$ мкм. После чистового прохода получим 9 квалитет и шероховатость $Ra = 6,3$ мкм. Предельно допустимая глубина резания на черновых переходах $t_{\text{пред}} = 3$ мм.

Определим размеры детали до выполнения чистового перехода:

$$D_{\text{чист}_i} = D_{\text{ном.дет}_i} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (9)$$

где $D_{\text{ном.дет}_i}$ – номинальный размер ступени детали, мм;

$2Z_{\min \text{ чист}}$ – величина припуска на чистовую обработку, мм.

$$D_{\text{чист}_1} = 50 + 0,4 = 50,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_2} = 44 + 0,4 = 44,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_3} = 32 + 0,4 = 32,4 \text{ мм};$$

$$D_{\text{чист}_4} = 30 + 0,4 = 30,4 \text{ мм}.$$

Определим размеры детали при черновой обработке.

Фактически припуск на первом черновом переходе будет определяться как разница между номинальным диаметром заготовки $D_{\text{ном.заг}}$ и диаметром наибольшей ступени детали до чистового перехода $D_{\text{чист}_1}$:

$$2Z_{\min \text{ черн}_1} = D_{\text{ном.заг}} - D_{\text{чист}_1}, \quad (10)$$

$$2Z_{\min \text{ черн}_1} = 55 - 50,4 = 4,6 \text{ мм}.$$

Тогда глубина резания при токарной обработке наибольшей ступени детали будет равна $t_{\text{черн}_1} = 2Z_{\min \text{ черн}_1} / 2 = 2,3$ мм, что меньше предельно допустимой глубины резания $t_{\text{пред}}$.

В этом случае количество переходов для черновой обработки определяется по формуле:

$$k = \frac{D_{\max \text{ чист}} - D_{\min \text{ чист}}}{2 \cdot t_{\text{пред}}}, \quad (11)$$

где $D_{\max \text{ чист}}$, $D_{\min \text{ чист}}$ – максимальный и минимальный диаметры детали до чистой обработки соответственно, мм.

$$k = \frac{50,4 - 30,4}{2 \cdot 3} = 3,33.$$

Округлим расчетное значение количества переходов до целого числа в большую сторону и принимаем $k = 4$, тогда глубина резания на черновых переходах будет равна:

$$k = \frac{D_{\max \text{ чист}} - D_{\min \text{ чист}}}{2 \cdot k}, \quad (12)$$

$$k = \frac{50,4 - 30,4}{2 \cdot 4} = 2,5 \text{ мм.}$$

Тогда расчетный диаметр детали на первом черновом переходе будет равен диаметру наибольшей ступени детали до чистового перехода $D_{\text{черн}i} = D_{\text{чист}1}$.

Определяем промежуточные значения при черновой обработке детали:

$$D_{\text{черн}i} = D_{\text{черн}i-1} - 2t_{\text{черн}}, \quad (13)$$

где $D_{\text{черн}i}$, $D_{\text{черн}i-1}$ – расчетный диаметр детали на рассчитываемом и предыдущем переходе, мм.

$$D_{\text{черн}2} = 50,4 - 2 \cdot 2,5 = 45,4 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{черн}3} = 45,4 - 2 \cdot 2,5 = 40,4 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{черн}4} = 40,4 - 2 \cdot 2,5 = 35,4 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{черн}5} = 35,4 - 2 \cdot 2,5 = 30,4 \text{ мм.}$$

Примечание. Если величина глубины резания для первого чернового перехода больше предельно допустимой глубины резания ($t_{\text{черн}1} > t_{\text{пред}}$), то в формулы (11)–(12) вместо значения максимального диаметра детали до чистой обработки ($D_{\max \text{ чист}}$) необходимо подставить значение номинального диаметра заготовки ($D_{\text{ном заг}}$) и производить расчеты используя эту величину. В этом случае

расчетный диаметр детали на первом черновом переходе следует определять от номинального диаметра заготовки:

$$D_{\text{черн}_1} = D_{\text{ном.заг}} - 2t_{\text{черн}} \quad (14)$$

Глубина резания при нарезании канавки будет равна ширине канавки:
 $t_{\text{кан}} = 5 \text{ мм}$.

По полученным данным составляем эскиз обработки детали (рис. 5.4), длину обработки на промежуточных переходах определяем при построении эскиза (можно использовать САПР AutoCAD или КОМПАС) и заполняем табл. 5.2.

Таблица 5.2

Последовательность обработки и режимы резания

№ п/п	Наименование рабочего хода	Номер инструмента	Скорость резания V , м/мин	Подача S , мм/об	Глубина резания t , мм
1	Черновая подрезка торца	T101	250	0,3	2,3
2	Черновое точение $\text{Ø}50,4 \text{ мм}$ $l = 139,8 \text{ мм}$		250	0,3	2,0
3	Черновое точение $\text{Ø}45,4 \text{ мм}$ $l = 111,9 \text{ мм}$		225	0,3	2,5
4	Черновое точение $\text{Ø}40,4 \text{ мм}$ $l = 99,9 \text{ мм}$		200	0,3	2,5
5	Черновое точение $\text{Ø}35,4 \text{ мм}$ $l = 55 \text{ мм}$		176	0,3	2,5
6.1	Черновое точение фаски $\text{Ø}27,2 \text{ мм}$ $l = 5 \text{ мм}$		135	0,2	1,6
6.2	Черновое точение $\text{Ø}30,4 \text{ мм}$ $l = 40 \text{ мм}$		151	0,3	2,5
7	Чистовая подрезка торца	T404	450	0,2	0,2
8	Чистовое точение по контуру				
9	Точение канавки	T202	170	0,1	5

Далее производится расчет режимов резания [4].

Подача S (мм/об) определяется как для обычных токарных станков и потом, при необходимости, переводится в минутную подачу. Скорость резания определяется исходя из периода стойкости инструмента и режущего материала.

Принимаем

а) для чернового точения резец T101 (резец проходной черновой – сменная пластина SNMM250724-HR – СТМ);

б) для чистового точения резец T404 (резец проходной чистовой – сменная пластина SNMM250726-HR – СТМ);

в) для точения канавки резец T202 (резец канавочный – сменная пластина SNMM250524-HR – СТМ).

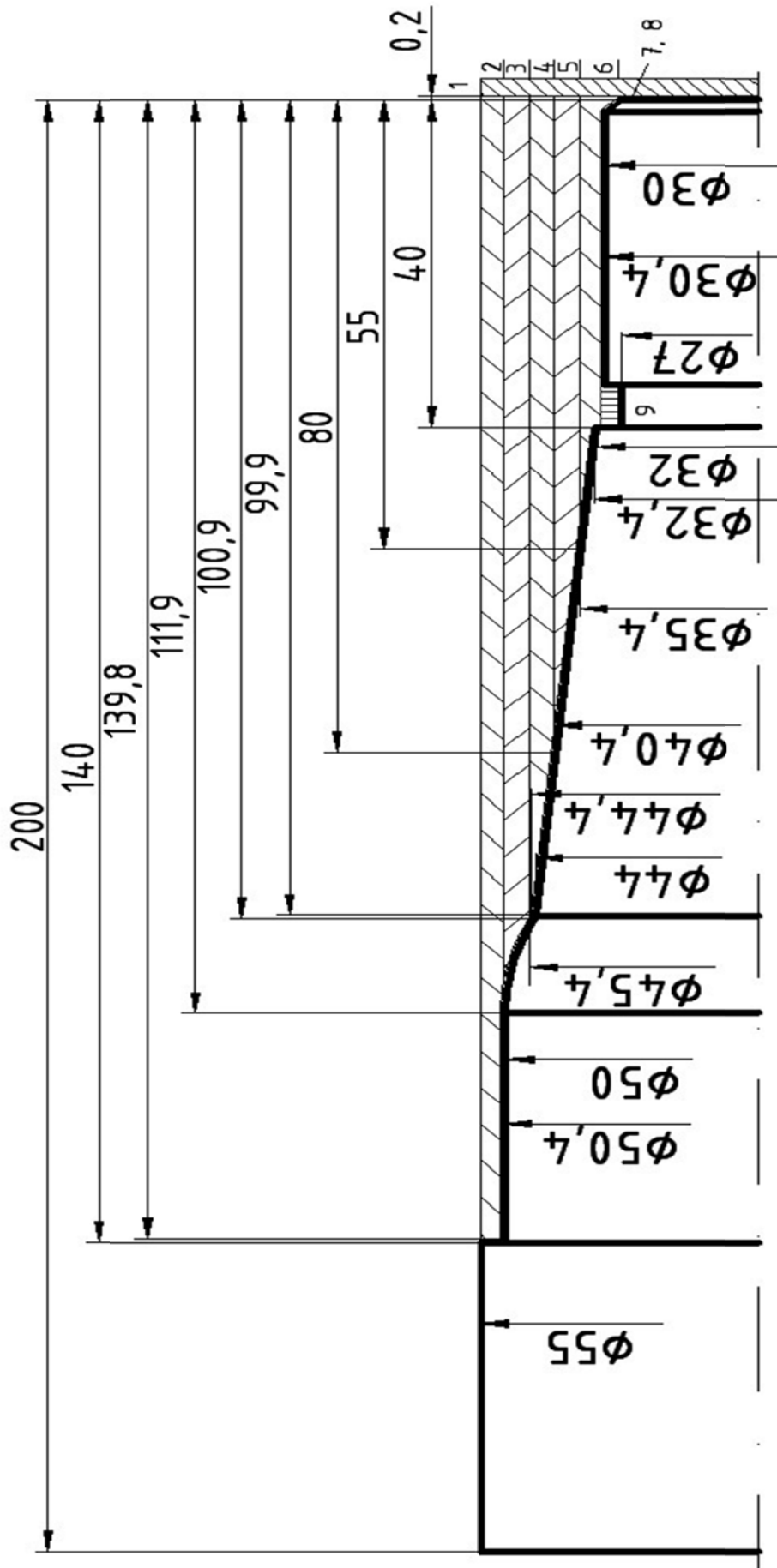


Рис. 5.4. Последовательность изготовлений детали

При принятой скорости резания для пяти черновых переходов при $V = 250$ м/мин определим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (15)$$

где D – максимальный диаметр детали при точении, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{\pi \cdot 50,4} = 1580 \text{ мин}^{-1}.$$

Для чистового точения по контуру при $V = 450$ м/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 450}{\pi \cdot 50} = 2865 \text{ мин}^{-1}.$$

Точение канавки производим со скоростью резания $V = 170$ м/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 30} = 1800 \text{ мин}^{-1}.$$

Направление вращения шпинделя по часовой стрелке.

5.2. Расчет опорных точек

При расчете перемещения инструмента по оси необходимо учитывать путь врезания и схода инструмента.

Для удобства расчета координат опорных точек поместим начало координат детали в исходную точку. Вычертим траекторию перемещения резцов во время выполнения рабочих ходов (рис. 5.5). Выход резца на заданную глубину резания определим из условия, что после обработки должен получиться номинальный размер обрабатываемой поверхности. Расчет координат опорных точек производим по номинальным размерам. При этом будем учитывать некоторые особенности:

а) для предохранения вершины резца от удара о деталь (вследствие погрешности ее установки) инструмент не доводится до торца детали на 2–3 мм. Значит, начало рабочего хода будет начинаться при координате по горизонтальной оси $Z = 3$ мм (точки 4, 8, 13, 19, 24, 34);

б) координаты по оси X указываются в диаметральных размерах (DIAMON по умолчанию);

в) в конце рабочего хода резец отводится от поверхности детали:

– по координате X на 1–2 мм (точки 6, 11, 17, 22, 30, 42):

точки 6, 42: $55 + [1-2] = 57$ мм;

точка 11: $50,4 + [1-2] = 52$ мм;

точка 17: $45,4 + [1-2] = 47$ мм;

точка 22: $40,4 + [1-2] = 42$ мм;

точка 30: $35,4 + [1-2] = 37$ мм;

– по координате Z на 3 мм (точки 3, 33);

г) подвод на ускоренном ходу к начальной точке обработки по оси X при подрезке торца осуществляется на величину 1–3 мм от номинального диаметра обработки (точки 1, 31):

точка 1: $55 + [1-3] = 58$ мм;

точка 31: $30 + [1-3] = 32$ мм;

д) перебег на рабочем ходу по оси X при подрезке торца детали осуществляется на 1–2 мм ниже оси детали (точки 2, 32);

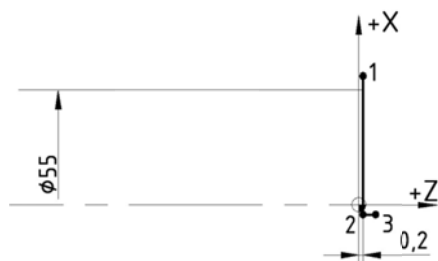
е) возврат на ускоренном ходу по горизонтальной оси осуществляется на величину $Z = 3$ мм от торца детали (точки 7, 12, 18, 23);

ж) при точении канавки подвод/отвод программируемой правой вершины пластины канавочного резца по вертикальной оси X осуществляется на величину 1–2 мм (точка 43):

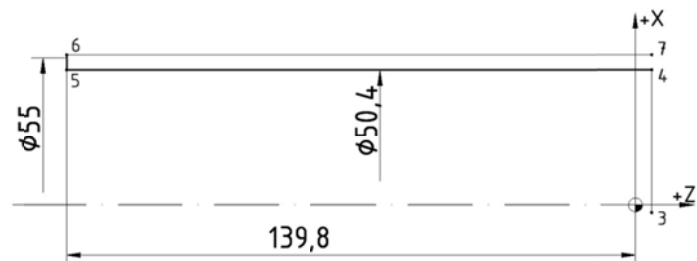
$32 + [1-2] = 34$ мм;

з) на последнем черновом переходе, в конце чистового перехода, после точения канавки резец отводится из конечной точки рабочего хода в точку смены инструмента (точки 30, 42, 43).

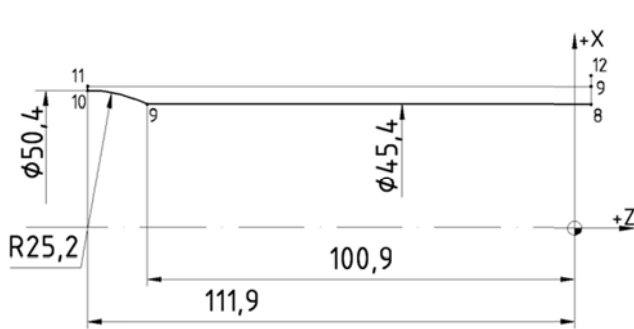
Рассчитанные и измеренные на эскизах (см. рис. 5.4 и 5.5) координаты точек сводятся в табл. 5.3.



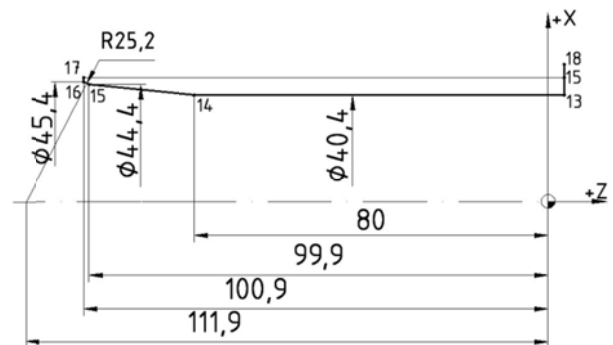
а) первый рабочий ход
(черновая подрезка торца)



б) второй рабочий ход

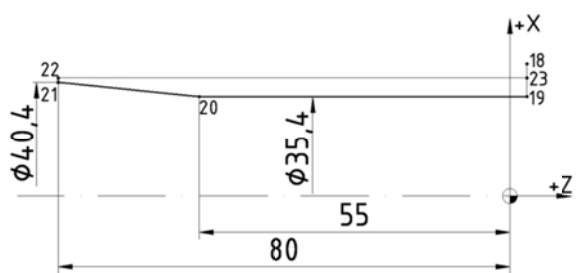


в) третий рабочий ход

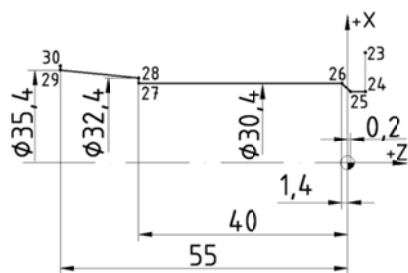


г) четвертый рабочий ход

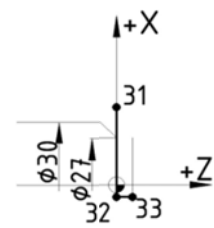
Рис. 5.5. Траектория движения инструмента



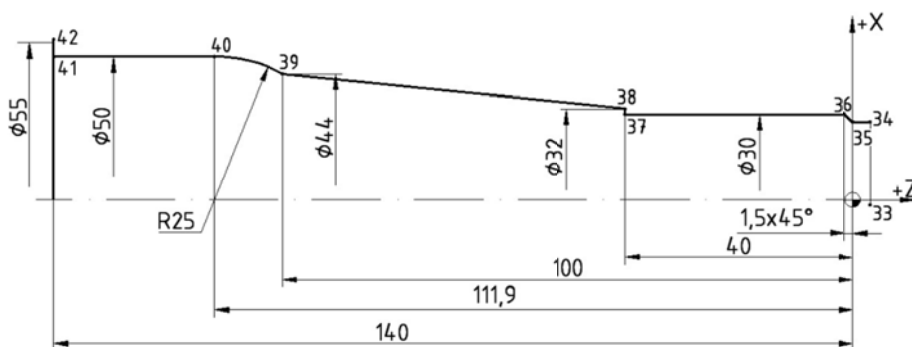
д) пятый рабочий ход



е) шестой рабочий ход



ж) седьмой рабочий ход
(чистовая
подрезка торца)



з) восьмой рабочий ход
(чистовое точение по контуру)



и) девятый
рабочий ход
(точение канавки)

Рис. 5.5. Траектория движения инструмента (окончание)

Таблица 5.3

Координаты точек траектории движения инструмента

Точка траектории	Координата точки, мм		Точка траектории	Координата точки, мм	
	X	Z		X	Z
1	58	0,2	23	42	3
2	-2	0,2	24	27,2	3
3	-2	3	25	27,2	0,2
4	50,4	3	26	30,4	-1,4
5	50,4	-139,8	27	30,4	-40
6	57	-139,8	28	32,4	-40
7	57	3	29	35,4	-55
8	45,4	3	30	37	-55
9	45,4	-100,9	31	32	0
10 (R25,2)	50,4	-111,9	32	-2	0
11	52	-111,9	33	-2	3

Точка траектории	Координата точки, мм		Точка траектории	Координата точки, мм	
	X	Z		X	Z
12	52	3	34	27	3
13)	40,4	3	35	27	0
14	40,4	-80	36	30	-1,5
15	44,4	-99,9	37	30	-40
16 (R25,2)	45,4	-100,9	38	32	-40
17	47	-100,9	39	44	-100
18	47	3	40 (R25)	50	-111,9
19	35,4	3	41	50	-140
20	35,4	-55	42	57	-140
21	40,4	-80	43	34	-40
22	42	-80	44	27	-40

Операционная карта и карта эскизов на операцию приведены в прил. К, Л, М.

5.3. Определение координат «нуля программы»

Координаты исходной точки обработки определим по формулам (16), (17):

$$X_{\text{см}} = X_{\text{суп}} - \frac{D_{\text{заг}}}{2} - W_x - X_0; \quad (16)$$

$$Z_{\text{см}} = Z_{\text{суп}} - L_{\text{заг max}} - W_z - Z_0, \quad (17)$$

где $X_{\text{суп}}, Z_{\text{суп}}$ – координаты исходной точки суппорта, мм;

$D_{\text{заг}}$ – диаметр заготовки, мм;

$L_{\text{заг max}}$ – максимальная длина заготовки, мм;

W_x, W_z – вылеты инструмента при настройке резцов вне станка, мм;

X_0, Z_0 – координаты исходной точки обработки, мм.

Согласно данным по рабочей зоне станка (рис. 5.6):

$$X_{\text{суп}} = 176 \text{ мм}, \quad Z_{\text{суп}} = 422 \text{ мм}, \quad W_x = 120 \text{ мм}, \quad W_z = 64 \text{ мм}.$$

По исходным данным по детали (рис. 5.3):

$D_{\text{заг}} = 55 \text{ мм}$, $L_{\text{заг max}} = 200 \text{ мм}$, и приняв координаты исходной точки обработки $X_0 = 3 \text{ мм}$, $Z_0 = 3 \text{ мм}$, получим:

$$X_{\text{см}} = 176 - \frac{55}{2} - 120 - 3 = 25,5 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{см}} = 422 - 200 - 64 - 3 = 155 \text{ мм}.$$

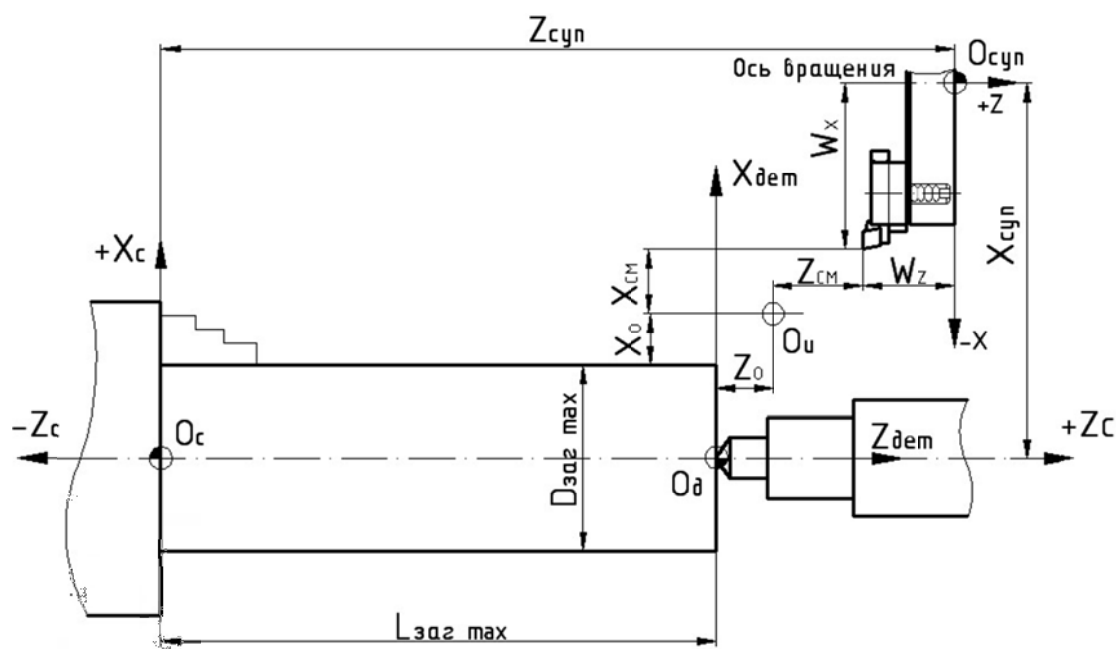


Рис. 5.6. Схема установки заготовки на станке

5.4. Управляющая программа

В табл. 5.4 приведена управляющая программа для обработки детали на токарном станке с ЧПУ Concept Turn 250, где учтены все перемещения (на ускоренном ходу и при рабочей подаче, смена инструмента, смещение нуля, изменение подачи, частоты вращения).

Таблица 5.4

Управляющая программа для обработки детали

Программа	Содержание кадра
1	2
N5 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N10G75 X25,5 Z155	Подвод к фиксированной точке G75.
N15 T101	Вызов инструмента (T) с номером 101 (резец проходной черновой – сменная пластина SNMM250724-HR – СТМ).
N20 M3 S1580	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 1580 мин ⁻¹ .
N25 G0 X58 Z0,2	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 1.

1	2
N30 G1 X-2 F0,3	Линейная интерполяция (G1) в точку 2 с подачей (F) 0,3 мм/об.
N35 Z3	Перемещение в точку 3.
N40 G0 X50,4Z3	Движение на ускоренном ходу(G0) в точку 4.
N45 G1 Z-139,8	Линейная интерполяция (G1) в точку 5.
N50 X57	Перемещение в точку 6.
N55 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 7.
N60 X45,4	Перемещение в точку 8.
N65 G1 Z-100,9	Линейная интерполяция (G1) в точку 9.
N70 G3 X50,4 Z-111,9 CR=25,2	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 9 в точку 10 с радиусом (CR) 25,2 мм.
N75 G1 X52	Линейная интерполяция (G1) в точку 11.
N80 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 12.
N85 X40,4	Перемещение в точку 13.
N90 G1 Z-80	Линейная интерполяция (G1) в точку 14.
N95 X44,4 Z-99,9	Перемещение в точку 15.
N100 G3 X45,4 Z-100,9 CR=25,2	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 15 в точку 16 с радиусом (CR) 25,2 мм.
N105 G1 X47	Линейная интерполяция (G1) в точку 17.
N110 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 18.
N115 X35,4	Перемещение в точку 19.
N120 G1 Z-55	Линейная интерполяция (G1) в точку 20.
N125 X40,4 Z-80	Перемещение в точку 21.

1	2
N130 X42	Перемещение в точку 22.
N135 G0 Z3	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 23.
N140 X27,2	Перемещение в точку 24.
N145 G1 Z0,2 F0,2	Линейная интерполяция (G1) в точку 25 с подачей (F) 0,2 мм/об.
N150 X30,4 Z-1,4	Перемещение в точку 26.
N155 Z-40 F0,3	Перемещение в точку 27 с подачей (F) 0,3 мм/об.
N160 X32,4	Перемещение в точку 28.
N165 X35,4 Z-55	Перемещение в точку 29.
N170 X37	Перемещение в точку 30.
N175 G75 X25,5 Z155	Подвод к фиксированной точке G75.
N180 T404	Вызов инструмента (T) с номером 404 (резец проходной чистовой – сменная пластина SNMM250726-HR – СТМ).
N185 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N190 M3 S2865	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 2865 мин ⁻¹ .
N195 G0 X32 Z0	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 31.
N200 X-2 F0,2	Линейная интерполяция (G1) в точку 32 с подачей (F) 0,2 мм/об.
N205 Z3	Перемещение в точку 33.
N210 G0 X2	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 34.
N215G1 Z0	Линейная интерполяция (G1) в точку 35.

1	2
N220 X30 Z-1,5	Перемещение в точку 36.
N225 Z-40	Перемещение в точку 37.
N230 X32	Перемещение в точку 38.
N235 X44 Z-100	Перемещение в точку 39.
N240 G3 X50 Z-111,9 CR=25	Круговая интерполяция против часовой стрелки (G3) из точки 39 в точку 40 с радиусом (CR) 25 мм.
N245 G1 Z-140	Линейная интерполяция (G1) в точку 41.
N250 X57	Перемещение в точку 42.
N255 G75 X25,5 Z155	Подвод к фиксированной точке G75.
N260 T202	Вызов инструмента (T) с номером 202 (резец канавочный – сменная пластина SNMM250524-HR – СТМ).
N265 G18 G54 G90 G95	Выбор плоскости XZ (G18), смещение нулевой точки (G54), указание перемещений в абсолютных размерах (G90), окружная подача в мм/об (G95).
N270 M3S1800	Правое вращение шпинделя (M3). Задание частоты вращения шпинделя (S) 1800 мин ⁻¹ .
N275 G0 X34 Z-40	Движение на ускоренном ходу (G0) в точку 43.
N280 G1 X27 F0,1	Линейная интерполяция (G1) в точку 44 с подачей (F) 0,1 мм/об.
N285 G4 F0,5	Время ожидания (G4), заданное время ожидания (F) 0,5 секунд.
N290 G1 X34 F0,1	Линейная интерполяция (G1) в точку 43 с подачей (F) 0,1 мм/об.
N295 G75 X25,5 Z155	Подвод к фиксированной точке G75.
N300 M2	Конец главной программы (M2).

Библиографический список

1. Справочник по программированию SINUMERIC 840dsl / 828D Основы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: cache.industry.siemens.com/dl/.
2. Каштальян, И. А. Программирование и наладка станков с числовым программным управлением: учебно-методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений / И. А. Каштальян. – Минск: БНТУ, 2015. – 135 с.
3. Косилова, А. Г. Точность обработки заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 228 с.
4. Каталог Режущие инструменты от SandvikCoromant. Токарные инструменты, 2015. [Электронный ресурс; формат .pdf].

Приложение А

Значения символов адресов и некоторых операторов

Буква/слово	Значение
A, B, C, E, I, J, K, Q, U, V, W, X, Y, Z	Устанавливаемый идентификатор адреса
D	Включение/выключение коррекции длин инструмента. Устанавливаемый идентификатор адреса
F	Подача. Время ожидания в секундах
G	Подготовительная функция G
H	Вспомогательная функция H
L	Вызов подпрограммы
M	Вспомогательная функция M
N	Номер вспомогательного кадра
O	Свободно
P	Число прогонов программы. Устанавливаемый идентификатор адреса
R	Идентификатор переменной (R-параметр). Устанавливаемый идентификатор адреса (без числового расширения)
S	Скорость вращения шпинделя; Время ожидания в оборотах шпинделя
T	Номер инструмента
AC	Абсолютное указание размеров координат/позиций
CR	Радиус окружности
D0	При D0 коррекции для инструмента не действуют
LIMS	Ограничение частоты вращения при G96 / G961 и G97
TRANS	Программируемое смещение

Значения специальных символов

Специальные символы	Значение
%	Символ начала программы (только для создания программы на внешнем РС)
()	Заключение в скобки параметров или в выражениях
[]	Заключение в скобки адресов или индексов поля
<	меньше
>	больше
:	Главный кадр, конец метки, связывающий оператор
=	Присвоение, часть равенства
/	Деление, пропуск кадра
*	Умножение
+	Сложение
–	Вычитание, отрицательный знак
“	Кавычки, идентификация для цепочки символов
‘	Апостроф, идентификация для специальных числовых данных: шестнадцатеричные, двоичные
\$	Системная идентификация переменных
s_	Символ подчеркивания, относится к буквам
?, !	Зарезервировано
.	Десятичная точка
,	Запятая, знак разделения параметров
;	Начало комментария
&	Символ форматирования, то же действие, что и пробел
LF	Конец кадра
Табулятор	Разделительный символ
Пробел	Разделительный символ (пробел)

Приложение В

Значения подготовительных функций

G – функция	Группа	Значение
1	2	3
G0	Действующие модально команды движения	Движение ускоренного хода
G1		Линейная интерполяция
G2		Круговая интерполяция по часовой стрелке
G3		Круговая интерполяция против часовой стрелки
G33		Резьбонарезание с постоянным шагом
G34		Резьбонарезание с линейным увеличивающимся шагом
G35		Резьбонарезание с линейным уменьшающимся шагом
G4	Действующие не модально движения, время ожидания	Время ожидания, заранее определено по времени
G63		Нарезание внутренней резьбы без синхронизации
G74		Реферирование с синхронизацией
G75		Подвод к фиксированной точке
G5		Шлифование с врезанием с угловой подачей
G7		Компенсационное движение при шлифовании с врезанием с угловой подачей
G25	Программируемый фрейм, ограничение рабочей зоны и программирование полюса	Минимальное ограничение рабочего поля/ограничение частоты вращения шпинделя
G26		Максимальное ограничение рабочего поля/ограничение частоты вращения шпинделя
G58		Программируемое смещение, может замещать абсолютное осевое
G59		Программируемое смещение, может замещать аддитивное осевое
G17	Выбор плоскости	Выбор плоскостей 1–2-я геометрическая ось
G18		Выбор плоскостей 3–1-я геометрическая ось
G19		Выбор плоскостей 2–3-я геометрическая ось
G40	Коррекция на радиус инструмента	Нет коррекции радиуса инструмента
G41		Коррекция радиуса инструмента слева от контура
G42		Коррекция радиуса инструмента справа от контура

1	2	3
G500	Устанавливаемое смещение нулевой точки	Отключение устанавливаемого смещения нулевой точки (G54 ... G57, G505 ... G599)
G54		Устанавливаемое смещение нулевой точки
G55		
G56		
G57		
G505		
G53	Блокировка фрейма	Блокировка актуальных фреймов: программируемый фрейм, включая системный фрейм для TOROT и TOFRAME, и активный устанавливаемый фрейм (G54 ... G57, G505 ... G599)
G60	Точный останов – режим управления траекторией	Точный останов
G64		Режим управления траекторией
G9	Не модальный точный останов	Точный останов
G70	Дюймовая / метрическая постановка размеров детали	Дюймовая система ввода (длины)
G71		Метрическая система ввода мм (длины)
G90	Абсолютная / инкрементальная постановка размеров детали	Указание абсолютного размера
G91		Указание составного размера
G93	Тип подачи	Обратная по времени подача 1/мин
G94		Линейная подача в мм/мин, дюймов/мин
G95		Окружная подача в мм/об, дюймов/об
G96		Постоянная скорость резания и тип подачи как у G95 ВКЛ
G97		Постоянная скорость резания и тип подачи как у G95 ВЫКЛ

Примечание. Функции G разделены на функциональные группы. В одном кадре может быть записана только одна функция G одной группы. Функция G может действовать модально (до отмены через другую функцию этой же группы), или действовать только для кадра, в котором она стоит (действует покадрово).

Приложение Г

Значения вспомогательных функций

Функция М	Значение
М0*	Запрограммированная остановка
М1*	Остановка по выбору
М2*	Конец главной программы (как М30)
М3	Правое вращение шпинделя
М4	Левое вращение шпинделя
М5	Остановка шпинделя
М6	Смена инструмента (стандартная установка)
М17*	Конец подпрограммы
М19	Позиционировать шпиндель
М30*	Конец главной программы (как М2)
М40	Автоматическое переключение редуктора
М41	Ступень редуктора 1
М42	Ступень редуктора 2
М43	Ступень редуктора 3
М44	Ступень редуктора 4
М45	Ступень редуктора 5
М70	Шпиндель переключается в осевой режим

Примечание. Для функций, обозначенных *, расширенное написание адреса не допускается.

Функции М0, М1, М2, М17 и М30 всегда запускаются после движения перемещения.

Дубль.		Взам.		Подп.		ГОСТ 3.14.04-86 Форма 2а										
						КTM.0214.1.00001										
						КTM.6014.1.00001										
						101										
						010										
						2										
Р	ПИ	Д	или	В	L	t	i	S	п	v						
01	3. Точить канавку, выдерживая размеры 6, 10 и 13															
02	резец канавочный; пластина SNMM250524-HR-STM; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88															
03	7	16	7,5	3,0	1	0,1	3382	170								
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
ОК												ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ				

Приложение 3

ГОСТ 3.1404-86 Форма 5

				3	1
Кафедра "Технология машиностроения"	101			КТМ 0214.1.00001	
Вал				05	01 - 010
Оборудование, устройство ЧПУ			Особые указания		
Concept Turn, SINUMERIC					
Кодирование информации, содержание кадра			Содержание перехода		
N5 G18 G54 G90 G95					
N10 G75 X28 Z250					
N15 T101					
N20 M3 S1928					
N25 G0 X55 Z0,2					
N30 G1 X-2 F0,3					
N35 Z3					
N40 G0 X45,4					
N45 G1 Z-89,8					
N50 X52					
N55 G0 Z3					
N60 X39,6					
N65 G1 Z-61,52					
N70 X40,4 Z-61,92					
N75 Z-71,9					
N80 X47					
N85 G0 Z3					
N90 X33,8					
N95 G1 Z-59,57					
N100 G2 X36,2 Z-59,8 CR=2,8					
N105 G1 X39,6 Z-61,92					
N110 X41					
N115 G0 Z3					
N120 X28					
N125 G1 Z-33,98					
				Разраб.	Иванов А.А.
				Проб.	Петров В.В.
				Н. контр.	
ККИ					

Приложение И

ГОСТ 3.1404-86 Форма 5а

			2
	101	КТМ 0214.1.00001	010
	Кодирование информации, содержание кадра		Содержание перехода
N130	X30,4	Z-39,98	
N135	Z-57		
N140	G2	X33,8 Z-59,57	
N145	G1	X36	
N150	G0	Z3	
N155	X22,2		
N160	G1	Z-15,06	
N165	G3	X24,4 Z-17 CR=2,2	
N170	G1	Z-24,29	
N175	X28	Z-33,98	
N180	X30		
N185	G0	Z3	
N190	X16,4		
N195	G1	Z-14,8	
N200	X20		
N205	G3	X22,2 Z-15,09 CR=2,2	
N210	G1	X24	
N215	G0	Z3	
N220	X12,4		
N225	G1	Z0,2 F0,2	
N230	X16,4	Z-1,92	
N235	X18		
N240	G75	X28 Z250	
N245	T404		
N250	G18	G54 G90 G95	
N255	M3	S3218	
N260	G0	X18 Z0	
N265	G1	X-2 F0,2	
N270	Z3		
N275	G0	X12	
ККИ			

Приложение Л

Дубл.	Взам.	Подп.	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
							2			
КТМ.0214.1.00001										
102										
КТМ.6014.1.00001										
010										
Р	ПИ	Д	или	В	L	t	i	S	п	v
01	3. Точить канавку, выдерживая размеры 5, 8 и 10									
02	резец канавочный; пластина SNMM250524-HR-СТМ; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88									
03	7		30		5.5	5,0	1	180	1800	170
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
OK	ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ									

Приложение Н

ГОСТ 3.148-82 Форма 5

				3	1
Кафедра "Технология машиностроения"	102			КТМ 0214.1.00001	
Вал				05	01 - 010
Оборудование, устройство ЧПУ			Особые указания		
Concept Turn, SINUMERIC					
Кодирование информации, содержание кадра			Содержание перехода		
N5 G18 G54 G90 G95					
N10 G75 X25,5 Z155					
N15 T101					
N20 M3 S1580					
N25 G0 X58 Z0,2					
N30 G1 X-2 F0,3					
N35 Z3					
N40 G0 X50,4					
N45 G1 Z-139,8					
N50 X57					
N55 G0 Z3					
N60 X45,4					
N65 G1 Z-100,9					
N70 G3 X50,4 Z-111,9 CR=25,2					
N75 G1 X52					
N80 G0 Z3					
N85 X40,4					
N90 G1 Z-80					
N95 X44,4 Z-99,9					
N100 G3 X45,4 Z-100,9 CR=25,2					
N105 G1 X47					
N110 G0 Z3					
N115 X35,4					
N120 G1 Z-55					
N125 X40,4 Z-80					
				Разраб.	Ивснгов А.А.
				Проб.	Петров В.В.
				Н. контр.	
ККИ					

Приложение 0

ГОСТ 3.14.04-86 Форма 5а

			2
	102	КТМ 0214.1.00001	010
Кодирование информации, содержание кадра		Содержание перехода	
N130 X42			
N135 G0 Z3			
N140 X27,2			
N145 G1 Z0,2 F0,2			
N150 X30,4 Z-1,4			
N155 Z-40 F0,3			
N160 X32,4			
N165 X35,4 Z-55			
N170 X37			
N175 G75 X25,5 Z155			
N180 T404			
N185 G18 G54 G90 G95			
N190 M3 S2865			
N195 G0 X32 Z0			
N200 X-2 F0,2			
N205 Z3			
N210 G0 X27			
N215 G1 Z0			
N220 X30 Z-1,5			
N225 Z-40			
N230 X32			
N235 X44 Z-100			
N240 G3 X50 Z-111,9 CR=25			
N245 G1 Z-140			
N250 X57			
N255 G75 X25,5 Z155			
N260 T202			
N265 G18 G54 G90 G95			
N270 M3 S1800			
N275 G0 X34 Z-40			
ККИ			

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ, ВЫПОЛНЯЕМОЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ	4
Лабораторная работа № 2 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ	28
Лабораторная работа № 3 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ВВОД И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТЕНДЕ.....	33
Лабораторная работа № 4 ВВОД И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ И ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ.....	42
5. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	74

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Практикум

для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

Составители:

ЛЕВАНЦЕВИЧ Михаил Александрович
КОНОВАЛОВА Елена Францевна
РУДАК Константин Эдуардович

Редактор *В. И. Акулёнок*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 19.02.2021. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 10,46. Уч.-изд. л. 4,09. Тираж 100. Заказ 104.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.