



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторной работы по теме

«Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов»

по дисциплине «Подготовка производства
мехатронных и робототехнических узлов на базе
современного оборудования»

Авторы
Череватенко В.А.,
Юсупов А.Р.,
Круглова Т.Н.

Ростов-на-Дону, 2015



Аннотация

Дано описание основных автоматических циклов обработки на станках с микропроцессорными системами ЧПУ.

Приведены примеры составления управляющих программ.

Предназначены для бакалавров направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Авторы

Доцент В.А. Череватенко
Ст. преподаватель А.Р. Юсупов
Доцент, к.т.н. Т.Н. Круглова





СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
3. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОДОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ G70	6
4. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПОПЕРЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ G71	8
5. ГРУППА ЦИКЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	10
5.1 Автоматический цикл глубокого сверления	10
5.2 Многопроходной автоматический цикл протачивания канавок на цилиндрической поверхности G75	11
5.3 Группа циклов резьбонарезания	12
5.3.1 Многопроходный цикл резьбонарезания	13
5.3.2 Функция нарезания резьбы G32	16
5.3.3 Функция нарезания резьбы плашкой или метчиком G33	17
6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОМАНДЫ	18
6.1 Команда программирования паузы осуществляется по функции G4 и выдержки P в сотых долях секунды.	18
6.2 Команда программирования останова	18
6.3 Команда на изменение последовательности выполнения кадров УП	18
6.4 Команда вызова программ.....	18
7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	19
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	20
9. ЛИТЕРАТУРА	21
10. ПРИЛОЖЕНИЕ А	22
11. ПРИЛОЖЕНИЕ Б	26
12. ПРИЛОЖЕНИЕ В	32



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является приобретение навыков подготовки управляющих программ с использованием стандартных циклов для токарных станков с ЧПУ



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Микропроцессорное устройство ЧПУ создано на базе микроЭВМ и предназначено для применения в оперативной системе управления токарными станками, снабженными следящими приводами и фотоэлектрическими импульсными преобразователями.

Оперативная память ЧПУ разделена на 6 зон, которые нумеруются цифрами от 0 до 5. В каждую зону может быть введена только одна управляющая программа (УП), содержащая не более 250 кадров. Таким образом, в оперативной памяти одновременно может храниться до 6 программ. Для выполнения программы, находящейся в оперативной памяти УЧПУ в зонах 1 - 5, необходимо эту программу предварительно передать из соответствующей зоны в нулевую зону.

Рассматриваемое микропроцессорное устройство ЧПУ относится к контурным устройствам типа CNC.

Лабораторная работа выполняется на базе токарно-револьверного станка с ЧПУ мод.1В340ФЗ.

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

3. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОДОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ G70

Однопроходная обработка по цилиндрической поверхности может быть задана в автоматическом цикле с помощью подготовительной функции G70.

Структура цикла имеет следующий вид: $\sim G70^*, X^*$ (или $X \rightarrow \rightarrow \rightarrow)^*$,

Z^* (или $Z \rightarrow \rightarrow \rightarrow)^*, F$, где \sim – знак установки резца на глубину резания на быстром ходу; X и Z – координаты конечной точки рабочего хода.

Если подачу F в цикле не указывают, то действует подача, заданная до цикла.

Если обрабатывается ступенчатая деталь в автоматическом однопроходном цикле, то функцию G70 задают для каждой ступени.

Например, для детали на рисунке 1 запись УП:

№1	T1
№2	M3
№3	M40
№4	S500
№5	F50
№6	Z500 \sim
№7	X10000 \sim
№8	G70*
№9	X8500* Первый рабочий ход \varnothing 85
№10	Z-2000
№11	G70*
№12	X8900* Второй рабочий ход \varnothing 89
№13	Z-5000
№14	G70*
№15	X9400* Третий рабочий ход \varnothing 94
№16	Z-12200
№17	X15000 \sim
№18	Z5000 \sim
№19	M5
№20	M30

При необходимости G70 можно задавать со скосом. В этом случае в структуру цикла входят $G70^*, X^*, Z^*, F^*, P_1^*, P_2$.

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

Здесь P_1 – размер скоса по оси X (задается на сторону), P_2 - размер скоса по оси Z. P_1 и P_2 – всегда положительные. Дискретность 0,01. Например, если размер скоса $P_1=18\text{мм}$; $P_2=5\text{мм}$.

Фрагмент УП имеет следующий вид:

```

.....
№07  G70*
№08  X2000*
№09  Z-5000*
№10  P1800*
№11  P500
.....
    
```

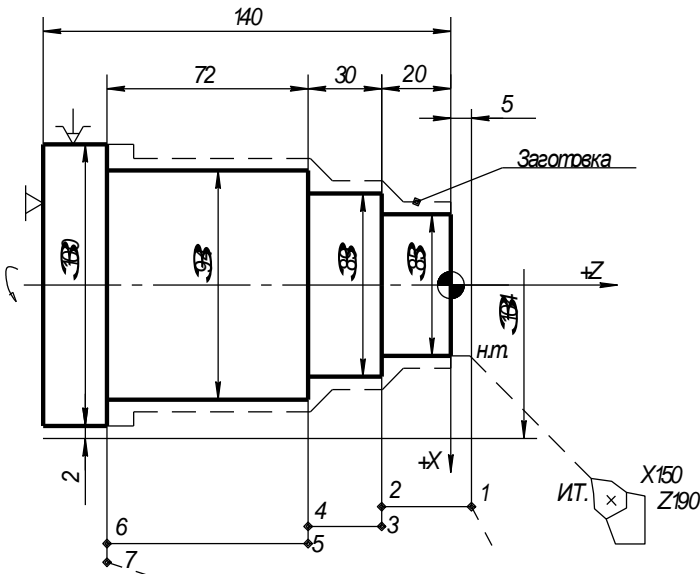


Рисунок 1 - Схема структуры однопроходного продольного автоматического цикла G70

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

4. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

ПОПЕРЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ G71

При составлении УП снятия припуска в поперечном направлении применяют автоматический цикл, который задается с помощью функции G71. По этому циклу обеспечивается автоматическое подрезание торца и скоса с выходом до точки 4 на рабочей подаче и отводом до точки 5(0) на быстром ходу (рисунок 2).

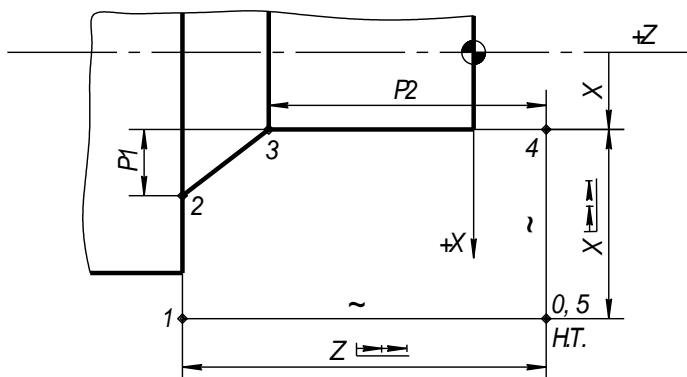


Рисунок 2 - Схема структуры однопроходного цикла поперечной обработки цикла G71 со скосом.

Например, необходимо подрезать торец $\varnothing 250$ до $\varnothing 20$ при постоянной скорости $V=110$ м/мин со скосом по X 2мм и по Z 3мм (дискретность 0,01). После определения $n_{\max}=1750\text{мин}^{-1}$ и $n_{\min}=140\text{мин}^{-1}$ запись УП в абсолютной системе отсчета имеет следующий вид:

№1	T1	
№2	M3	
№3	M40	
№4	G96*	
№5	S110*	} $V_{\text{п.ост}}=110$ м/мин
№6	P1750*	
№7	P140	
№8	F20	
№9	X25400 ~ ~ ~ *	} Подход к н.т.
№10	Z200	
№11	~ ~ ~ G71*	

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

№12	X2000*	}	Цикл G71
№13	Z-500*		
№14	P200*		
№15	P300		
№16	X30000	}	Отход в н.т.
№17	Z2500		
№18	M5		
№19	M30		

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

5. ГРУППА ЦИКЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО

НАЗНАЧЕНИЯ

5.1 Автоматический цикл глубокого сверления

Осуществляется по функции G73, с помощью которой программируют автоматический вывод сверла из отверстия после прохода заданного участка, а затем повторный ввод на быстром ходу. При каждом повторном вводе сверло не доходит на некоторую величину зазора до конца предыдущего рабочего хода. Величина зазора задается предварительно постоянным параметром, вводимым в память станка при первичной его наладке.

На рисунке 3 показана деталь, в которой необходимо просверлить отверстие $\varnothing 28$ мм на длине $L=160$ мм. Недоход до заготовки составляет 6 мм, перебег – 14 мм. Общий путь рабочего хода $L=160+6+14=180$ мм. Его расчленим на участки длиной 48 мм (четырёхпроходный цикл). Подачу принимаем 0,2 мм/об, частоту вращения – 700 мин^{-1} . Исходная точка (и.т.) имеет координаты X100, Z20, заданная величина отхода по оси

$$X - X_i \rightarrow \rightarrow = 20 \text{ мм.}$$

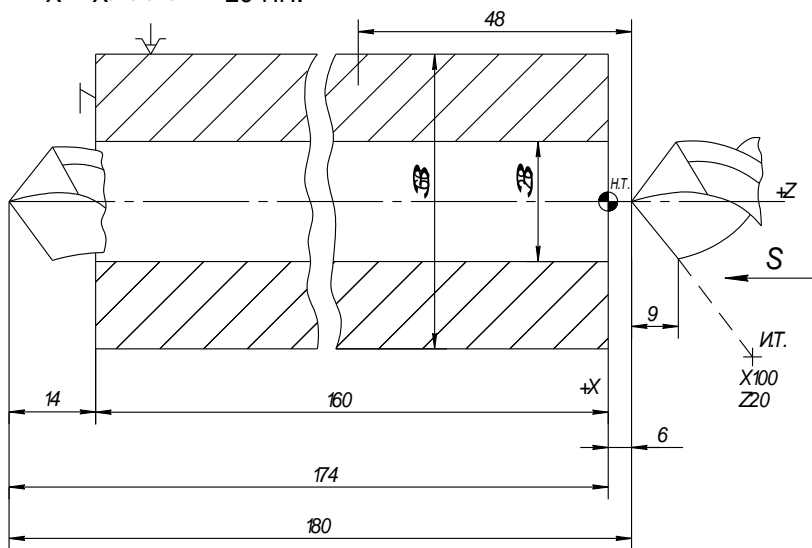


Рисунок 3- Схема автоматического цикла глубокого сверления G73



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

Запись УП имеет вид:

№0	T3	
№1	M3	
№2	M39	} n=700 об/мин.
№3	S700	
№4	F20	
№5	X0	} Подход в и.т.
№6	Z600	
№7	M8	Включение СОЖ
№8	G73*	} Цикл глубокого сверления за 4 рабочих хода с быстрым отходом в точку A
№9	X2000	
№10	Z-17400*	
№11	P4800	
№12	M9	Выключение СОЖ
№13	X10000	} Отход в и.т.
№14	Z2000	
№15	M5	
№16	M30	

5.2 Многопроходной автоматический цикл протачивания канавок на цилиндрической поверхности G75

Структура цикла имеет следующий вид:

G75 *, X * (X \rightarrow →→) *, Z * (Z \rightarrow →→) *, F *, P, где

X(X \rightarrow →→)* – координата дна канавки по оси X (или смещение по оси X до дна канавки);

Z (Z \rightarrow →→)* – координата по оси Z левой степени последней канавки (или последнего спуска при протачивании широкой канавки);

P – шаг между канавками (или шаг между спусками при протачивании широкой канавки), дискретность 0,01.

После окончания цикла резец возвращается в точку начала цикла.

На рисунке 4, показана деталь \varnothing 60 мм с тремя канавками шириной 5 мм и шагом 40 мм.

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

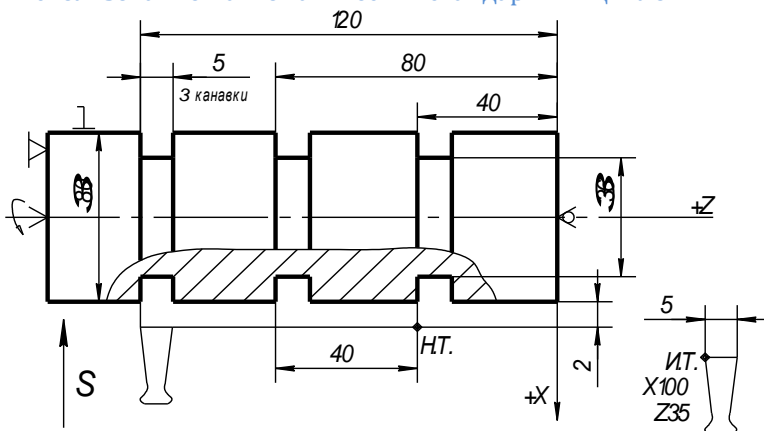


Рисунок 4 - Схема для иллюстрации программирования протачивания канавок по центру G75

Запись УП для обработки канавок имеет вид:

№12	T3	
№13	M3	
№14	M40	
№15	S500	
№16	F20	
№17	Z-4000	} и.т.
№18	X6400	
№19	G75*	
№20	X3600*	
№21	Z-12000*	
№22	P4000	
№23	X10000	} и.т.
№24	Z3500	
№25	M5	
№26	M30	

5.3 Группа циклов резьбонарезания

Группа циклов резьбонарезания включает циклы по функциям:

G31 – многопроходный цикл с автоматическим распределением припусков по проходам;

G32 – функция нарезания резьбы, позволяющая

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

программирование отдельных проходов резьбонарезания в соответствии с технологическими требованиями, если они не соответствуют функции G31;

G33 – функция нарезания резьбы плашкой или метчиком.

5.3.1 Многопроходный цикл резьбонарезания

Осуществляется по функции (G31) следующим предложением (рисунок 5):

G31 * X (X → → →) * Z (Z → → →) * F * P₁ * P₂ * P₃,

где X - наружный диаметр резьбы;

X → → → - расстояние между исходной точкой и наружным диаметром резьбы;

Z - координата конечной точки резьбы;

Z → → → - длина резьбы;

F - шаг резьбы (дискретность 0,0001мм, диапазон - 0,0001 ÷ 40,95 мм);

P₁ - глубина резьбы (положительная, на радиус, в приращенных), дискретность 0,01;

P₂ - глубина первого прохода (положительная, на радиус, в приращенных);

P₃ - разность между большим и меньшим диаметрами конической резьбы (в импульсах).

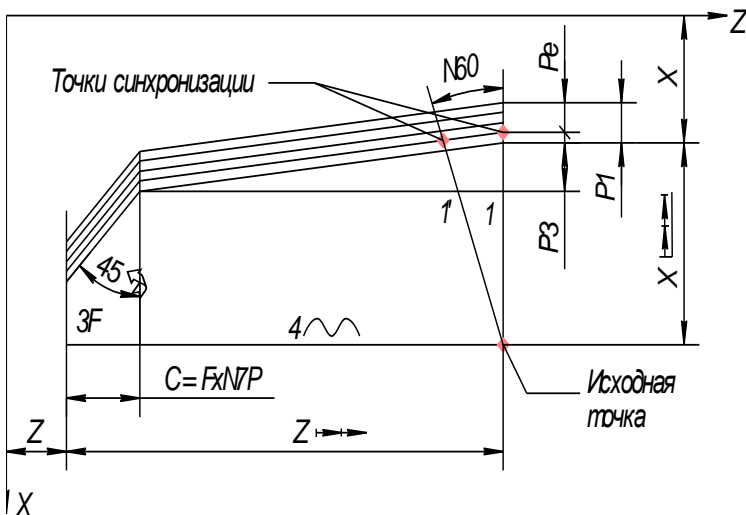


Рисунок 5 - Схема многопроходного цикла нарезания G31
При нарезании резьб с шагом до 2 мм резец подают на глу-

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

бину перпендикулярно к оси детали. Для этого перед началом обработки детали в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) вводят постоянный параметр N 6P0, для чего нажимают клавиши N, 6, P, 0.

Если шаг резьбы более 2,5 мм, то рекомендуется выполнять врезание под углом 30°, чтобы в работе участвовала одна режущая кромка. В этом случае параметр P вычисляется по формуле

$$P = 4086 \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 2365$$

Ввод проводят нажимом клавиш N, 6, P, 2, 3, 6, 5.

Модульную резьбу (профиль трапециидальный с углом 40°, шаг, кратный числу π) с модулем более 0,5 нарезают с врезанием под углом 20°. Параметр

$$P = 4096 \cdot \operatorname{tg}20^\circ = 1491.$$

Ввод проводят нажимом клавиш N, 6, P, 1, 4, 9, 1.

После набора команд нажимают клавишу ввода информации. Величину пути подхода по оси Z принимают по специальной номограмме (рисунок 6).

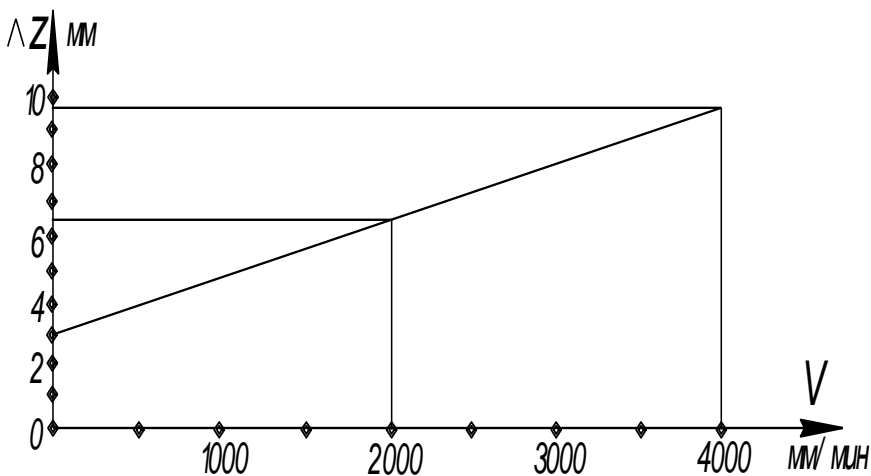


Рисунок 6 - Номограмма для определения пути подхода резца по оси Z








Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

Скорость продольного перемещения суппорта при нарезании резьбы

$$V = n \cdot F,$$

где n – частота вращения шпинделя (об/мин).

Запись УП с началом системы координат в центре правого торца для нарезания резьбы на детали (рисунок 7) имеет вид:

№0	T3	Резьбовой резец в позиции 3
№1	M3	
№2	M40	} $n = 500$ об/мин.
№3	S500	
№4	Z450 	
№5	X3600 	То же, по оси X
№6	G31*	Функция резьбонарезания и признак группы
№7	X3600*	Диаметр резьбы
№8	Z-4750*	Координата конечной точки резьбы
по оси Z с учетом выхода в середину канавки ($50 - 2,5 = 47,5$ мм)		
(или №8	Z-5700 	Путь прохода резца
№9	F15000*	Шаг резьбы 1,5 мм
№10	P96*	Глубина канавки 0,96 мм
№11	P40	Глубина рабочего хода 0,4 мм
№12	X10000 	} Ускоренный отход в исходную точку
№13	Z5000 	
№14	M5	Останов шпинделя
№15	M30	Конец программы

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

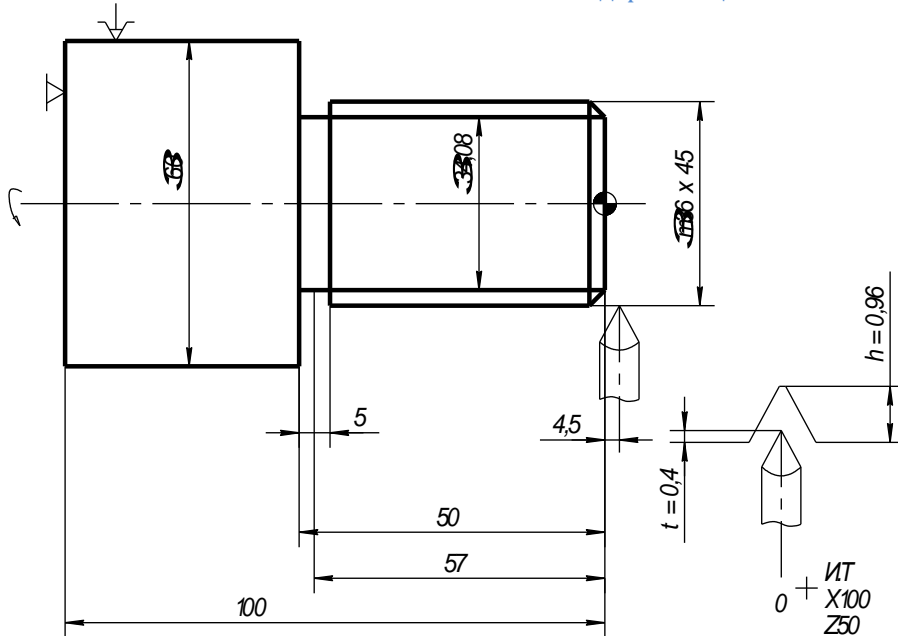


Рисунок 7 - Схема для иллюстрации программирования нарезания резьбы M36x1,5

Если на чертеже детали не предусмотрена зарезьбовая канавка, то резьба должна нарезаться со сбегом, т.е. с плавным выходом резца из резьбы в конце каждого рабочего хода. Для этого в систему вводят постоянный параметр № 7 с величиной сбega C по оси Z в пределах $(0,1...0,3)F$. Например, для резьбы с шагом 3 мм $C = 1 \times 3 = 3$ мм. Ввод параметра № 7 производят нажатием клавиш $N, 7, P, 0, 3, 0, 0$.

5.3.2 Функция нарезания резьбы G32

Описывается следующим предложением:

$G32 * X(X \rightarrow \rightarrow \rightarrow) * Z(Z \rightarrow \rightarrow \rightarrow)$, который формирует рабочий кадр резьбонарезания (вспомогательные движения программируются отдельно), где X, Z – координаты конечной точки; $X \rightarrow \rightarrow \rightarrow, Z \rightarrow \rightarrow \rightarrow$ – смещение конечной точки относительно исходной.

Начало движения осуществляется после прохождения нулевой метки шпинделя. Величина текущего значения подачи (F) определяет шаг резьбы (рисунок 8).

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

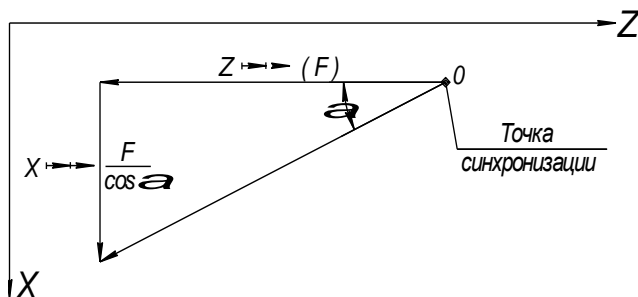


Рисунок 8 - Схема нарезания резьбы G32

Предпосылки: величина Z не должна быть равной 0

$$Z \rightarrow \rightarrow \rightarrow \geq X \rightarrow \rightarrow \rightarrow$$

5.3.3 Функция нарезания резьбы плашкой или метчиком G33

Осуществляется при соблюдении условий:

команде G33 должна предшествовать вспомогательная команда M20; перед командами M5 и M30 рекомендуется программировать вспомогательную команду M21; параметр (№4) группы (P) должен иметь значение 0 (для станков с регулируемым главным приводом этот параметр равен 1).

Описывается следующим предложением:

G33 * X (X → → →) * Z (Z → → →), где

X (X → → →) – координата (смещение) инструмента после выполнения цикла;

Z (Z → → →) – координата конечной точки резьбы (глубина резьбы).

Начало движения по оси Z до появления нулевой метки шпинделя блокируется. Шаг резьбы определяется текущим значением (F). В момент реверса синхронизация шпинделя и подачи прерывается (до появления ответа об исполнении команды реверса).

Например, запись фрагмента УП для нарезания внутренней резьбы M20x1,5 на глубину 50 мм имеет вид:

```

...   №8   → → → G33*
        №9   X2000*
        №10  Z-5000*
        №11  F1500  ...
    
```



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОМАНДЫ

6.1 Команда программирования паузы осуществляется по функции G4 и выдержки P в сотых долях секунды.

Например: №74 G4*
 №75 P250 – обеспечивается пауза 2,5 с.

6.2 Команда программирования останова

Осуществляется по функции M00 или G55. Продолжение цикла обеспечивается нажатием клавиши "Пуск". При команде G55, в отличие от M00, загорается сигнальная лампочка "Авария" ("Внимание").

6.3 Команда на изменение последовательности выполнения кадров УП

Команда состоит из одного кадра с адресом P и с числовым значением, соответствующим номеру кадра, к которому надо перейти.

Например: №101P134 – означает, что после кадра с номером 101 начнет выполняться кадр №134.

Значение P задается из диапазона 0 ... 249.

6.4 Команда вызова программ

Программируется тремя кадрами.

Например: №100 G25*
 №101 P105130*
 №102 P4.

Применение команды G25 удобно, когда какой-либо участок УП (подпрограммы) надо исполнить несколько раз или по одному разу в нескольких местах программы. При этом, если вводится P – число выполнений, равное 0, то подпрограмма выполняется один раз.

Внутри подпрограммы предпочтительнее относительная система отсчета, что позволяет удобнее вводить ее в различных местах программы.

Внутри подпрограммы может быть обращение к другой подпрограмме, такие обращения называются вложениями.

Система допускает до трех вложений.



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Проанализировать эскиз детали, выявить элементы детали, обработка которых может производиться в цикле.

Исходя из требований к базированию заготовки, задаться начальной точкой обработки.

Определить состав инструментального комплекта, необходимого для обработки, определить номер ячейки в магазине для каждого инструмента.

Определить режимы резания.

Разработать траекторию движения каждого инструмента, составить таблицу, содержащую координаты всех опорных точек траектории.

Составить управляющую программу.

Подготовить станок к работе.

Произвести обработку детали.

Составить протокол наблюдений отработки режимов.

Сделать выводы по результатам выполненной работы.

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой подготовительной функцией задается однопроходный автоматический цикл (АЦ) продольной обработки?
2. Сколько раз необходимо задавать функцию при обработке ступенчатых деталей при однопроходном АЦ продольной подачи?
3. Какие параметры необходимо вводить в структуру кадра для получения конусной поверхности при однопроходном АЦ?
4. Объясните назначение функции G73.
5. Какой вид имеет структура многопроходного АЦ протачивания канавок на цилиндрической поверхности?
6. Какие функции входят в группу циклов резьбонарезания? Объясните их назначение.
7. Опишите многопроходный АЦ резьбонарезания.
8. Какой постоянный параметр необходимо вводить в ОЗУ устройства ЧПУ перед началом нарезания резьбы?
9. Каким предложением описывается функция нарезания резьбы G32?
10. В каких случаях используется функция G33?
11. Как программируется пауза?
12. Какими функциями можно запрограммировать команду «ОСТАНОВ»? ?
13. Как можно изменить последовательность выполнения кадров в УП?
14. Как программируется команда вызова программы?



Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

9. ЛИТЕРАТУРА

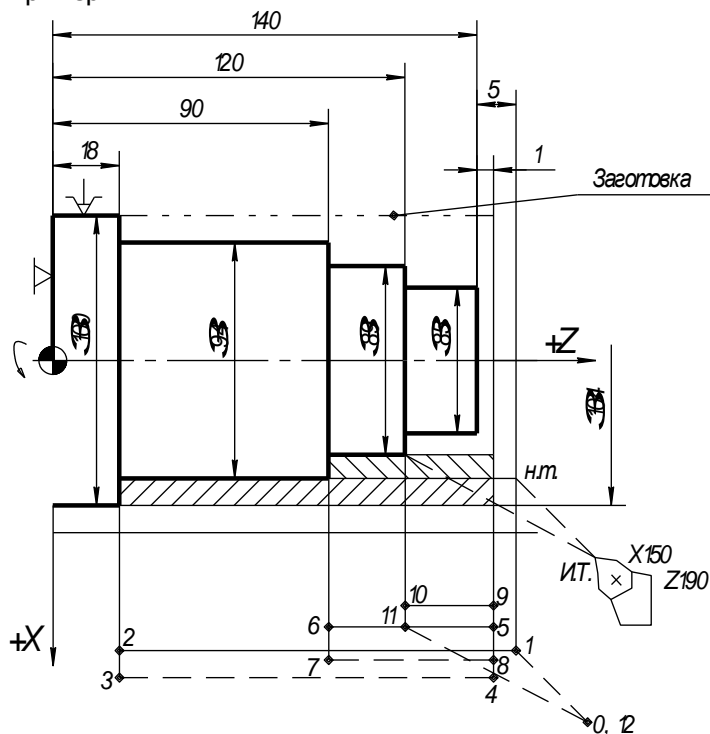
1. Сибикин М.Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: Учебное пособие / М.Ю. Сибикин – М.: ФОРУМ, 2012. – 448 с.
2. Стискан Г.М., Гаевский В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. – К.: Техника, 2009, 176 с.
3. Гусев И.Т. и др. Устройство числового программного управления: Учеб. пособие для техн. вузов. М.: Высш. шк., 2006, 296 с.
4. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А.М. Русецкий и др.— Минск: Белорусская наука, 2014.— 376 с.
5. Аверченков В.И. Автоматизация проектирования технологических процессов: учебное пособие для вузов/ Аверченков В.И., Казаков Ю.М. данные.— Брянск: БГТУ, 2012.— 228 с

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Примеры составления управляющих программ

Пример №1



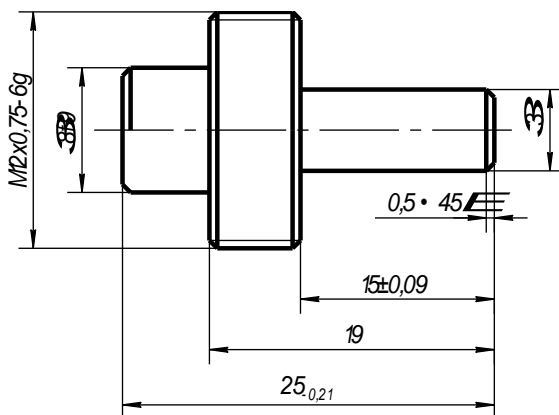
Для составления УП обработки ступенчатого вала на станке мод. 1В340Ф3 из заготовки $\varnothing 100$ мм, $L = 140$ мм в абсолютной системе исходная точка принимается на длине 190 мм и на диаметре 150 мм ($X 15000$, $Z 190000$), т.е. она удалена от заготовки на 50 мм по длине и на 25 мм от наружной поверхности, что обеспечит безопасность при смене заготовки.

№0	T1	Инструмент в позиции 1
№1	M3	Левое вращение шпинделя
№2	M40	$n = 600$ об/мин (третий диапазон вращения)
№3	S600	
№4	F30	$S = 0,3$ мм/об
№5	$\sim Z14500$	Подход резца на быстром ходу в точку с координатами $Z=145$ мм по длине, $X=94$ мм
№6	$\sim X 9400$	

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

№7	Z1800	Перемещение на рабочей подаче по оси Z ($\varnothing 94$)
№8	X10400	Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing 104$ мм
№9	Z14100	Отход на быстром ходу по оси Z на 1 мм от торца заготовки
№10	X8900	Подвод до $\varnothing 89$
№11	Z9000	Перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 90 мм
№12	X9500	Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing 95$ мм
№13	Z14100	Отход на быстром ходу по оси Z (за 1 мм до заготовки)
№14	X8500	Подвод до $\varnothing 85$ мм
№15	Z12000	Перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 120 мм
№16	X9000	Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing 90$ мм
№17	X15000	Быстрый отвод в исходную точку по оси X
№18	Z19000	Быстрый отход в исходную точку по оси Z
№19	M5	Останов шпинделя
№20	M30	Конец программы

Пример №2



Составим УП обработки детали из прутка $\varnothing 14$, материал – латунь ЛС-59 на токарно-револьверном станке мод. 1325Ф30.

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

№0	T1
№1	X \approx 0
№2	Z \approx 0
№3	M12
№4	X11000 \approx
№5	T2
№6	M4
№7	S500
№8	F10
№9	M7
№10	S2500
№11	X1600 \approx
№12	Z0
№13	X-100
№14	X600 \approx
№15	Z-1500
№16	X1600
№17	Z100 \approx
№18	X100 \approx
№19	X300-45°
№20	Z-1500
№21	X1048
№22	X1148-45°
№23	Z-2000
№24	X20000 \approx
№25	Z-20000 \approx
№26	T3
№27	F10
№28	X1600 \approx
№29	Z-1900 \approx
№30	X900
№31	Z-2400
№32	X700-45°
№33	Z-2700
№34	X797
№35	Z-1900
№36	X1048
№37	X1148+45°
№38	X20000 \approx
№39	Z20000 \approx
№40	T4
№41	Z7000 \approx



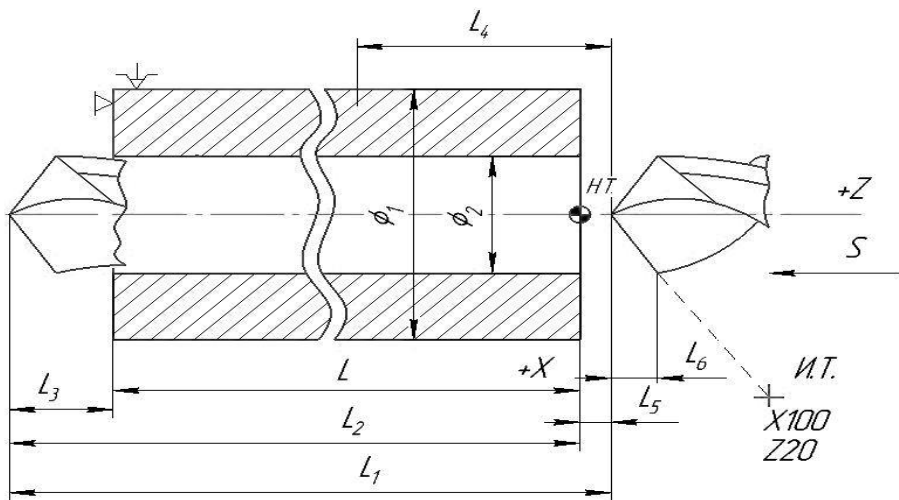
Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

№42	X0
№43	S600
№44	M3
№45	Z-1300
№46	F75
№47	Z-2000
№48	M4
№49	S300
№50	Z-1400
№51	Z7000
№52	X20000
№53	Z20000
№54	T5
№55	S2500
№56	M10
№57	F6
№58	X1600
№59	Z-2500
№60	X900
№61	X100
№62	X4000
№63	Z3000
№64	S500
№65	M11
№66	M5
№67	P0

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

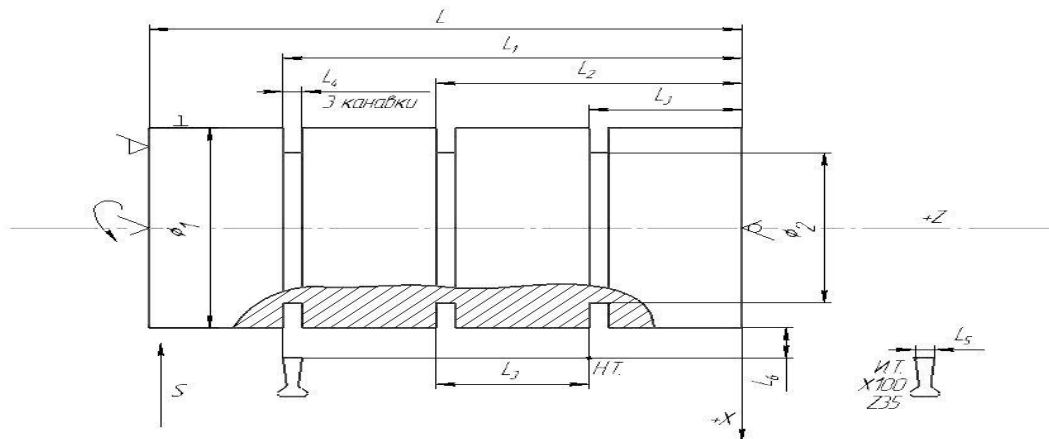
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Варианты заданий



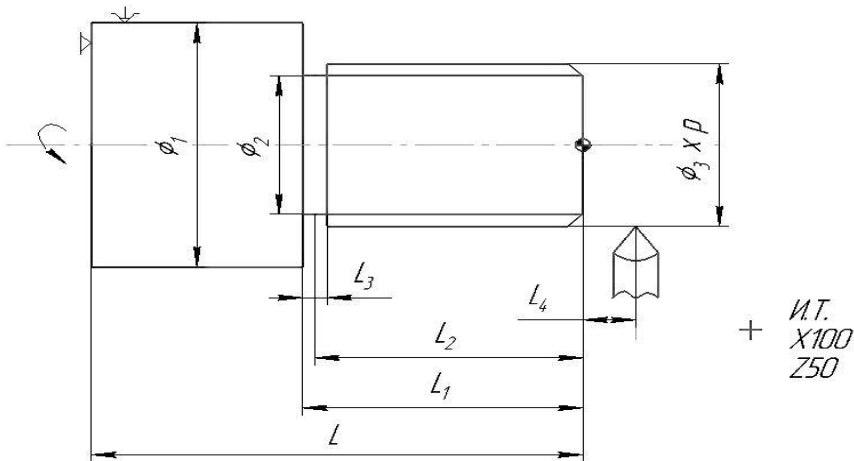
Вариант	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	ϕ_1	ϕ_2	Материал
1	82	100	94	12	28	4	7	28	15	АК М7
2	98	115	111	13	25	4	8	45	20	Ст. 50Х
3	102	120	115	13	34	5	9	50	25	СЧ-25
4	106	125	120	14	27	5	10	56	30	Ст. 45
5	110	130	124	14	37	6	11	60	35	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов



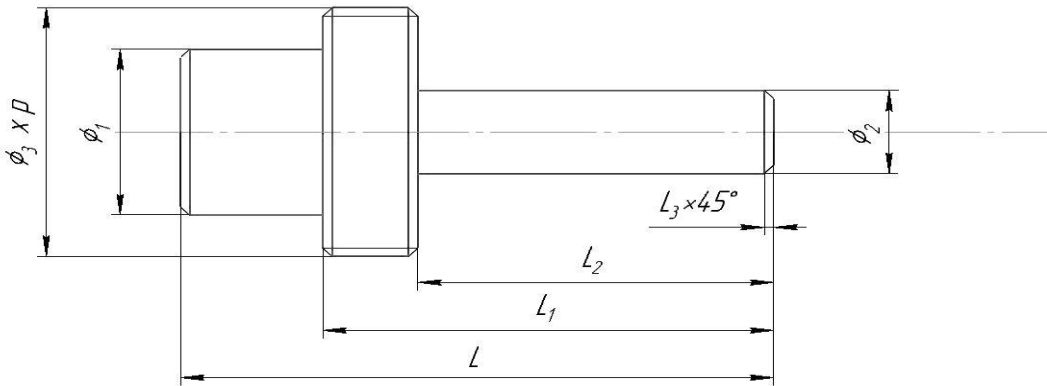
Вариант	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	ϕ_1	ϕ_2	Материал
6	115	84	56	28	5	5	5	40	20	АК М7
7	120	90	60	30	5	5	5	50	30	Ст. 50Х
8	125	96	64	32	5	5	5	55	35	СЧ-25
9	130	114	76	38	5	5	6	65	40	Ст. 45
10	135	120	80	40	5	5	6	70	55	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов



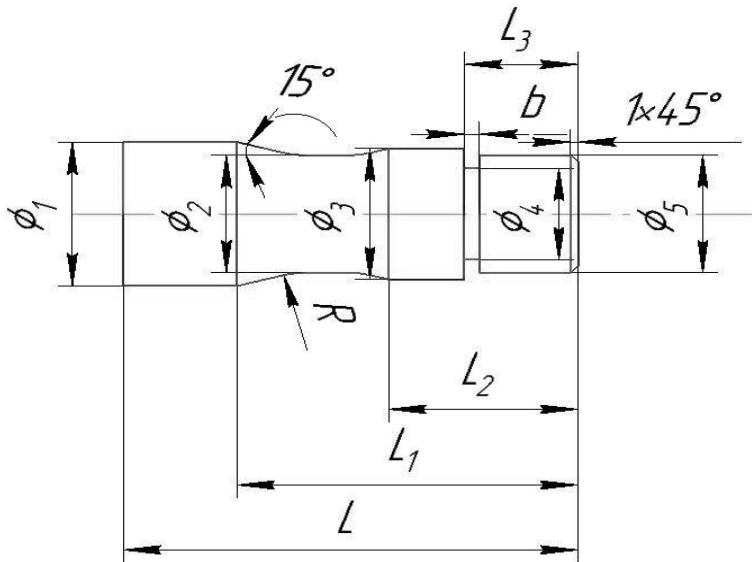
Вариант	L	L_1	L_2	L_3	L_4	ϕ_1	ϕ_2	$\phi_3 \times p$	Материал
11	105	90	87,5	5	4,5	60	17	M20x2,0	АК М7
12	110	95	91,5	7	5	70	19	M22x2,0	Ст. 50Х
13	115	100	96,0	8	5	74	20	M24x3,0	СЧ-25
14	125	110	106,0	8	5	80	22	M25x2,0	Ст. 45
15	130	115	111,5	9	5,5	85	23	M27x3,0	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов



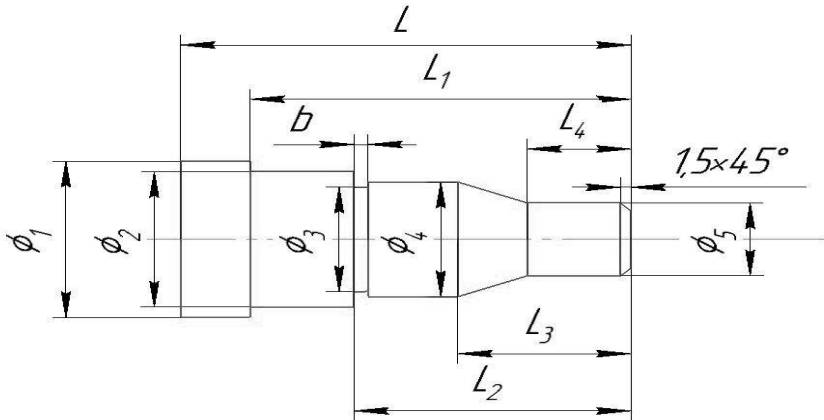
Вариант	L	L_1	L_2	ϕ_1	ϕ_2	$\phi_3 \times p$	Материал
16	60	45	30	24	18	M30x3,5	АК М7
17	66	50	35	25	20	M33x2,0	Ст. 50Х
18	74	60	45	30	25	M36x4,0	СЧ-25
19	80	65	50	30	28	M36x3,0	Ст. 45
20	90	75	60	35	30	M40x1,5	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов



Вариант	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	L	L_1	L_2	L_3	b	R	Материал
21	22	18	22	14	15	60	45	25	15	2	10	АК М7
22	30	20	25	14	18	55	45	20	15	2	12	Ст. 50Х
23	32	20	25	18	20	65	50	30	20	2,2	15	СЧ-25
24	35	22	28	19	20	70	60	40	25	2,5	20	Ст. 45
25	40	20	32	20	22	80	65	42	28	2,5	20	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов



Вариант	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	L	L_1	L_2	L_3	L_4	b	Материал
26	30	26	21	22	16	60	50	35	20	10	1,3	АК М7
27	30	25	18	20	15	65	55	38	22	15	1,5	Ст. 50Х
28	32	30	22	10	18	65	50	40	18	12	1,5	СЧ-25
29	25	22	17	24	14	70	55	35	20	15	2	Ст. 45
30	30	28	23	19	20	70	60	40	25	18	2	ЛС59-1

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблицы режимов резания

Таблица 1 - Твердость обрабатываемого материала по Бринелю HB

Сталь углеродистая и легированная					
Марка стали	Твердость HB	Марка стали	Твердость HB	Марка стали	Твердость HB
35	144 – 156	20X	170	50X	245
40	156 – 190	35X	185	50Г	232
25	185 – 215	40X	205	18ХГТ	156 – 159
50	215 – 269	45X	226	30ХГС	207 – 217
Серый чугун			Ковкий чугун		
Группа твердос ти	Марка отливки	Твердость HB	Группа твердос ти	Марка отливки	Твердость HB
1	СЧ 15	190	1	КЧ30-6	163
	СЧ 20	200		КЧ30-10	149
2	СЧ 25	210	2	КЧ35-10	208
	СЧ 30	220		КЧ40-3	208
Медные сплавы					
Марка	Твердость HB	Марка	Твердость HB	Марка	Твердость HB
Л-60	100	ЛО62-1	100	БРАЖ10-4	180
ЛС59-1	90	БРАЖ9-4	150	БРКН1-3	90
Алюминиевые сплавы					
АЛ-2	50	АЛ5-1	70	АЛ7	60
АЛ-4	70	АК5М7	80	АЛ19	90

Таблица 2 - Подача S для черного наружного точения, мм/об

t, мм	Диаметр детали, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь	Чугун, Медные, алюминиевые сплавы
До 3	до 20	0.3 – 0.4	0.3 – 0.4
	40	0.4 – 0.5	0.4 – 0.5
	60	0.5 – 0.7	0.6 – 0.8

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

 Таблица 3 - Глубина резанья t при чистовой обработке материалов

Обрабатываемая поверхность	t , мм
Наружный диаметр	0.7 – 0.8
Торец при точении к центру	0.6 – 0.8
Торец при точении от центра	0.15 – 0.20

 Таблица 4 - Скорость резания V при точении проходными резцами, м/мин.

t , мм	S , мм/об	Обрабатываемый материал					
		Сталь	Медные и Алюминиевые сплавы		Серый чугун	Ковкий чугун	
		Материал инструмента					
		Твердые сплавы	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав			
До 1	0.3	150	48	125	255	100	115
	0.5	130	40	106	210	88	105
	0.8	120	33	81	180	80	93
2.5	0.3	120	35	99	180	80	94
	0.5	105	27	78	150	70	82
	0.8	93	22	63	135	60	70

Изготовление деталей мехатронных узлов на станках с ЧПУ с использованием автоматических стандартных циклов

 Таблица 5 - Подача S при чистовом точении резцами с пластинам из твердого сплава или быстрорежущей стали, мм/об

Шероховатость Ra , мкм	Обрабатываемый материал	V , м/мин	Радиус при вершине резца r , мм	
			0.5	1.0
10 – 5	Сталь углеродист и легирован.	<50	0.3 – 0.5	0.45 – 0.6
		>50	0.4 – 0.55	0.55 – 0.65
	Чугун бронза и алюминиевые сплавы	$V_{min} \dots V_{max}$	0.26 - 0.4	0.40 – 0.50
5 – 2.5	Сталь углеродист и легирован.	<50	0.18 – 0.25	0.25 – 0.3
		>50	0.25 – 0.3	0.3 – 0.35
	Чугун бронза и алюминиевые сплавы	$V_{min} \dots V_{max}$	0.15 – 0.25	0.25 – 0.4

 Таблица 6 - Подача S для прорезке и отрезке, мм/об.

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал			
		Закаленная сталь с твердостью HRC		Сталь и стальное литье	Чугун
		50	50		
до 20	1.3	0.06	0.04	0.05 – 0.1	0.11 -0.14
до 40	3	0.08	0.05	0.10 – 0.12	0.16 – 0.19
до 60	3 – 6	0.1	0.08	0.13 – 0.16	0.20 – 0.024

Таблица 7 - Скорость резанья V , м/мин при прорезке и отрезке твердосплавными резцами при подаче S

Твердость обрабатываемого материала													
Сталь конструкционная углеродистая и легированная								Чугун					
								Ковкий				серый	
S , мм/об	126 – 140	141 – 158	159 – 177	178 – 200	201 – 226	227 – 255	256 – 286	149 – 163	до 201	163 – 220	140 – 229	170 – 256	197 – 269
0.09	245	218	193	172	153	136	120	100	84	75	75	66	59
0.12	193	172	153	136	120	107	95	89	75	66	66	59	52
0.16	153	136	120	107	95	85	75	79	66	59	59	52	46
0.22	120	107	95	85	75	67	59	70	59	52	52	46	41
0.29	95	85	75	67	59	53	47	62	52	46	46	41	36
0.39	75	67	59	53	47	42	37	55	46	41	41	36	32
0.52	59	53	47	42	37	33	29	49	41	36	36	32	29

Подготовка производства мехатронных и робототехнических узлов
на базе современного оборудования

Таблица 8 - Поддачи и скорость резания при сверлении сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр сверла, мм	Материал заготовки			
	Сталь с $\sigma_{в.р} = 750\text{МПа}$		Серый чугун твердостью 190 НВ	
	Поддача мм/об	Скорость резания, м/мин	Поддача, мм/об	Скорость резания, м/мин
10...15	0,10...0,20	40...25	0,15...0,35	35...25
15...20	0,15...0,30	35...23	0,30...0,60	27...21
20...25	0,20...0,35	30...20	0,40...0,80	24...20
25...30	0,25...0,50	25...18	0,50...1,0	23...18

Таблица 9 - Скорости резания, м/мин, при нарезании резьбы резьбовыми резцами в заготовках из различных материалов

Материал заготовки	Шаг резьбы p , мм		
	1	2	3
Углеродистые конструкционные стали $\sigma_{в.р} \leq 750\text{МПа}$	$\frac{20 \dots 40}{80 \dots 120}$	$\frac{20 \dots 40}{80 \dots 100}$	$\frac{20 \dots 40}{70 \dots 90}$
Легированные стали $\sigma_{в.р} \leq 1000\text{МПа}$	$\frac{20 \dots 25}{65 \dots 90}$	$\frac{20 \dots 25}{65 \dots 80}$	$\frac{20 \dots 25}{60 \dots 70}$
Инструментальные и быстрорежущие стали	$\frac{15 \dots 25}{30 \dots 50}$	$\frac{15 \dots 25}{30 \dots 50}$	$\frac{15 \dots 25}{30 \dots 50}$
Чугуны	$\frac{20 \dots 30}{40 \dots 50}$	$\frac{20 \dots 40}{45 \dots 55}$	$\frac{25 \dots 40}{45 \dots 60}$

Подготовка производства мехатронных и робототехнических узлов
на базе современного оборудования

Таблица 10 - Поправочный коэффициент K1 на скорость резания при обработке стали

Марка обрабатываемой стали	Твердость НВ	Материал режущей части инструмента	
		Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
35;40;45;50	156 – 207	1.0	1.0
	170 – 229	0.85	0.9
	207 – 269	0.65	0.75
20X;35X;40X; 45X;50X;	135 – 179	1.05	1.1
	170 – 217	0.75	0.9
	207 – 255	0.6	0.75
50Г; 18ХГТ; 30ХГС	149 – 170	0.9	0.95
	170 – 229	0.7	0.8
	229 – 269	0.55	0.7

Таблица 11 - Поправочный коэффициент K1, на скорость резания при обработке чугуна

Вид обрабатываемого чугуна	Твердость НВ	Условия работы	
		Без корки	По корке
Серый чугун	163 – 229	1.0	0.8
	170 – 241	0.9	0.7
Ковкий чугун	130 – 170	1.0	0.7
	207 – 229	0.64	0.55