


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры
«Промышленная автоматика
и робототехника»
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о. заведующего кафедрой

 О.А. Ерзин

Методические указания по курсовой работе
«Технологические процессы автоматизированных производств»
основной профессиональной образовательной программы
высшего образования –программы бакалавриата

по направлению подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

с направленностью (профилем)
Автоматизация технологических процессов и производств

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 150304-01-23

Тула 2023 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик:

Ерзин О.А., доцент, канд. техн. наук

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

1. Цель и задачи курсовой работы

1.1. Цель курсовой работы.

Цель работы состоит в приобретении навыков расчета наладки станков с ЧПУ

1.2. Задачи курсовой работы

1. Расчет технологических параметров обработки на станке с ЧПУ.
2. Размещение рабочих органов станка в исходном для работы положении.
3. Программирование обработки на станке с ЧПУ

2. Введение

Наладка станка является одним из ответственных этапов его эксплуатации. Согласно ГОСТ 3.1109 (СТ СЭВ 2064-79) наладка - подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Наладка станка с ЧПУ включает в себя подготовку режущего инструмента и технологической оснастки, размещение рабочих органов станка в исходном положении, программирование обработки с учетом особенностей выбранного оборудования, обработку пробной заготовки, внесение корректив в положение инструмента и режима обработки, исправление недочетов и погрешностей в управляющей программе.

Работа выполняется применительно к станку мод. СТМ-100, оснащенном устройством ЧПУ типа «2Р32М»

3. Описание станка

Станок специализированный токарный многоцелевой высокой точности предназначен для обработки деталей типа крышек, фланцев, втулок, шестерен, заготовок инструмента и др. из различных сталей и сплавов.

Отличительной особенностью станка является наличие отдельного привода на шпиндель для его углового позиционирования (привод полярной координаты Y) с соответствующим блоком управления и приводом вращения инструмента, устанавливаемого в revolverной головке (сверл, фрез, метчиков, разверток и др). Принципиальная схема привода представлена на рис.1. Привод полярной координаты осуществляется от регулируемого двигателя 2 с датчиком 1 углового положения ротора.

Двигатель 1 служит для выполнения токарных работ. Включение - отключение привода полярной координаты осуществляется по команде ЧПУ

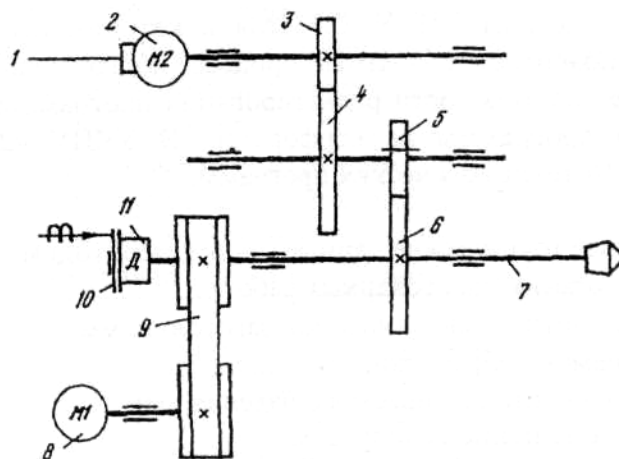


Рис. 1. Двухдвигательный привод шпинделя

На станке можно выполнять следующие операции (переходы):
токарную обработку в патроне цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, подрезку торца, нарезание резьб, обработку внутренних поверхностей центровым инструментом;

сверление и фрезерование отверстий, цековок и пазов параллельно и перпендикулярно оси шпинделя;

фрезерование винтовых пазов и больших лысок при следящем вращении шпинделя (рис.2).

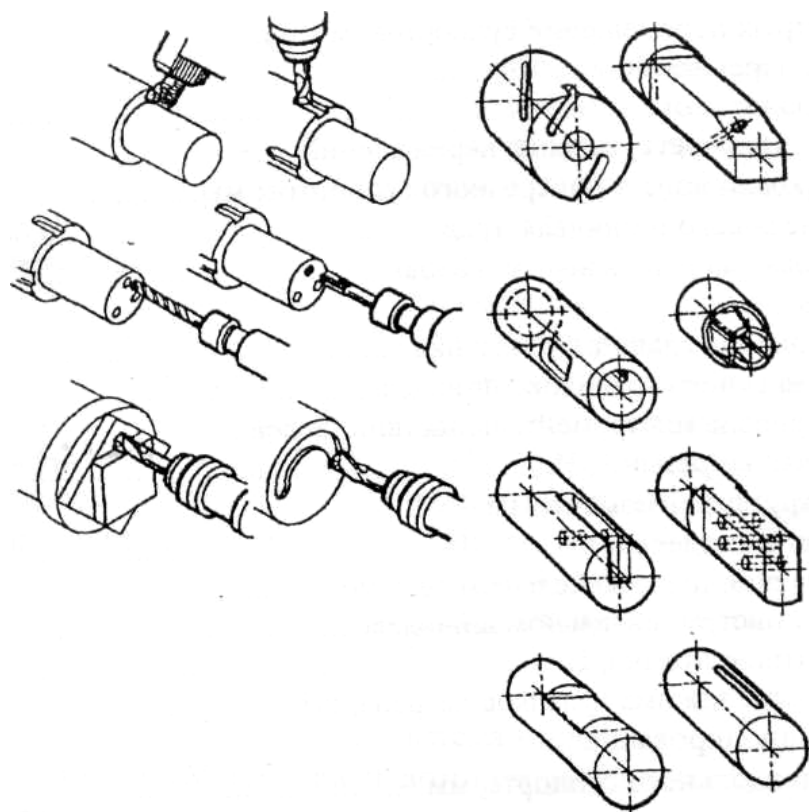


Рис. 2. Примеры дополнительной обработки тел вращения

Управление станком от УЧПУ «2Р32М» в котором используется микро-ЭВМ| «Электроника 60» позволяет сократить процесс подготовки и отладки программ управления благодаря возможности редактирования программы с пульта оператора и вывода отлаженной программы на перфоратор. В УЧПУ «2Р32М» одновременно] может храниться до 10 технологических программ.

3. Основные технические данные станка, необходимые для расчета наладки

Класс точности станка (для токарных работ).....	В
Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки, мм	126
Наибольший диаметр обработки, мм	100
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм	200
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
при обработке в патроне (координата Z)	215
в поперечном направлении (координата X)	170
Расстояние от нулевой точки суппорта до координатных осей станка, мм:	
в продольном направлении	416
в поперечном направлении	170
Пределы частот вращения, об/мин:	
шпинделя	50-4000
шпинделя в следящем режиме	0,1-20
инструментальных шпинделей	50-3000
Дискретность задания оборотов, об/мин	1
Пределы рабочих подач суппортов:	
продольного, мм/мин	1-10000
поперечного, мм/мин	1-10000
Пределы рабочих подач следящего шпинделя, град/мин....	1-10000
Скорость быстрых перемещений суппортов, м/мин:	
поперечного	10
продольного	10
Цена импульса (дискрета) задания перемещений	
продольного и поперечного суппортов, мм.....	0,001
следящего шпинделя, град	0,001(3,6")
Количество позиций револьверной головки	12
Мощность, кВт:	
привода главного движения	7,5
следящего вращения шпинделя	0,12
привода инструментальных шпинделей	0,75
Наибольшее усилие резания, Н	1200
Наибольший крутящий момент, Нм	
на шпинделе	75
на шпинделе в следящем режиме	49
на инструментальном шпинделе	2,6
Наибольшее усилие подачи, Н	3000
Суммарное усилие зажима кулачков патрона, кН	44
Точность позиционирования:	
продольного суппорта, мм	0,008
поперечного суппорта	0,004
шпинделя в следящем режиме, град	0,020

Количество управляемых осей координат (одновременно).. :..... 3
 постоянство диаметров в любом сечении5
 Шероховатость обработанной поверхности не более, мкм
 цилиндрической поверхности.....Ra0,63
 торцевой поверхности.....Ra 0,63
 нарезаемой резьбы резцом Ra 2,5
 Показатели инструмента, устанавливаемого на станке:
 наибольшего сечения резцов, мм..... 12x12
 конус центрального инструмента.....Морзе 1

1. Техническая характеристика устройства УЧПУ «2Р32»

Наименование параметров	Данные
Тип системы	Контурная
Задание геометрической информации	В абсолютных размерах и приращениях
Дискретность	0,001 мм/0,001
Максимальное значение перемещения, программируемого в одном кадре	9999,999 дискрет
Разгон и торможение при	Разгон и торможение по линейному закону, этом разгон осуществляется автоматически, а торможение обеспечивается по специальным командам в программе
Смещение нуля	Устройство обеспечивает линейный сдвиг-смещение координат при работе в абсолютных размерах
Вид коррекции положения	1. Коррекция на длину и инструмента 2. Коррекция на величину рабочей подачи Устройство обеспечивает коррекцию величины рабочих подач в пределах от 10 до 120% от переключателя расположенного на пульте станка с шагом 10%.
Резьбонарезание	Устройство обеспечивает нарезание цилиндрической торцевой (с постоянным шагом), конических резьб.
Выход в исходное положение одновременно до	Автоматический или ручной
Безразмерные скорости перемещения	трех координат включительно На фиксированных скоростях и задаваемых преднабором в режиме «наладка»
Редактирование программ	1. Исключение информации 2. Замена информации 3. Вставка информации С помощью преднабора вручную

3.1. Система координат

На станке СТМ-100 при подготовке управляющих программ (УП) обработки деталей рекомендуется использовать прямоугольную систему координат, в которой положение детали задается относительно оси шпинделя. Геометрическая информация о перемещениях суппорта и угле поворота шпинделя при обработке детали (заготовки) задается в системе координат XZ , где ось Z совпадает с осью шпинделя, ось X перпендикулярна оси шпинделя, а ось Y - определяет угол поворота вокруг оси Z (рис.3).

Движение по оси X реализуется салазками крестового суппорта, по оси Z -

кареткой, а по оси Y - вращением шпинделя в следящем режиме.

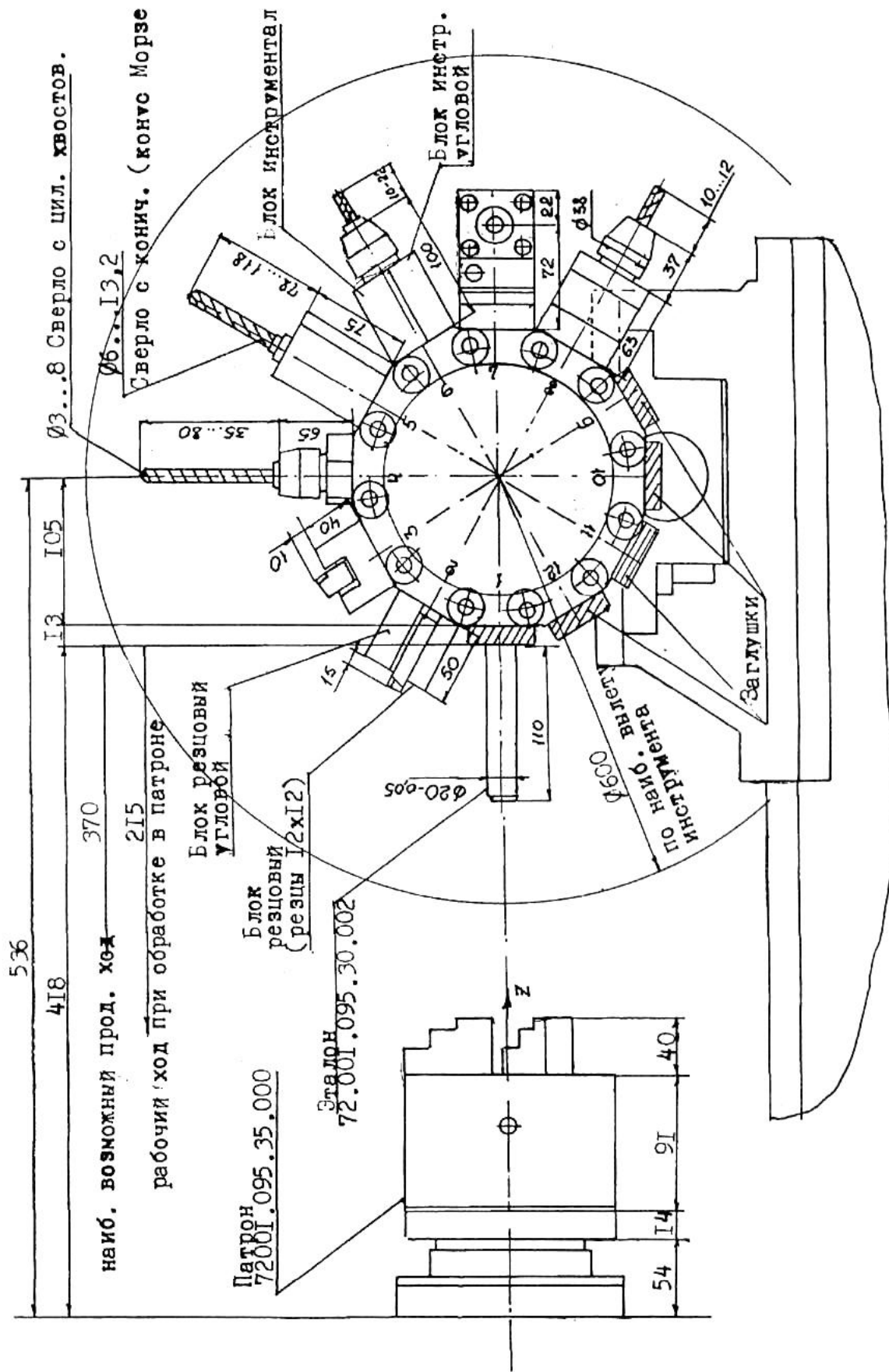
Для учета положения инструмента относительно базы резцедержки и длины патрона или приспособления необходимо использовать коррекцию на положение инструмента и смещение начала координат.

4. Выбор инструмента и назначение режимов резания

Назначению комплекта необходимого инструмента и режимов резания должен предшествовать выбор плана обработки заготовки, который должен соответствовать типовых схемам, представленным на рис. 4 и реализуемый с помощью комплекта поставляемых резцедержателей, представленных в приложении 1.

Комплект инструмента применяемый на станке выбирается согласно ГОСТ 9795-73, 10044-73 (резцы), 10902-77 (сверла), 18372 (фрезы). Геометрические характеристики режущей части резцов принимаются согласно табл. 3, 4. Пара метры установки инструмента согласно схеме на рис. 3.

Расчет режимов резания осуществляется в обычном порядке. Общая последовательность выбора параметров режима резания при токарной обработке: 1) глубина резания, 2) подача, 3) скорость резания



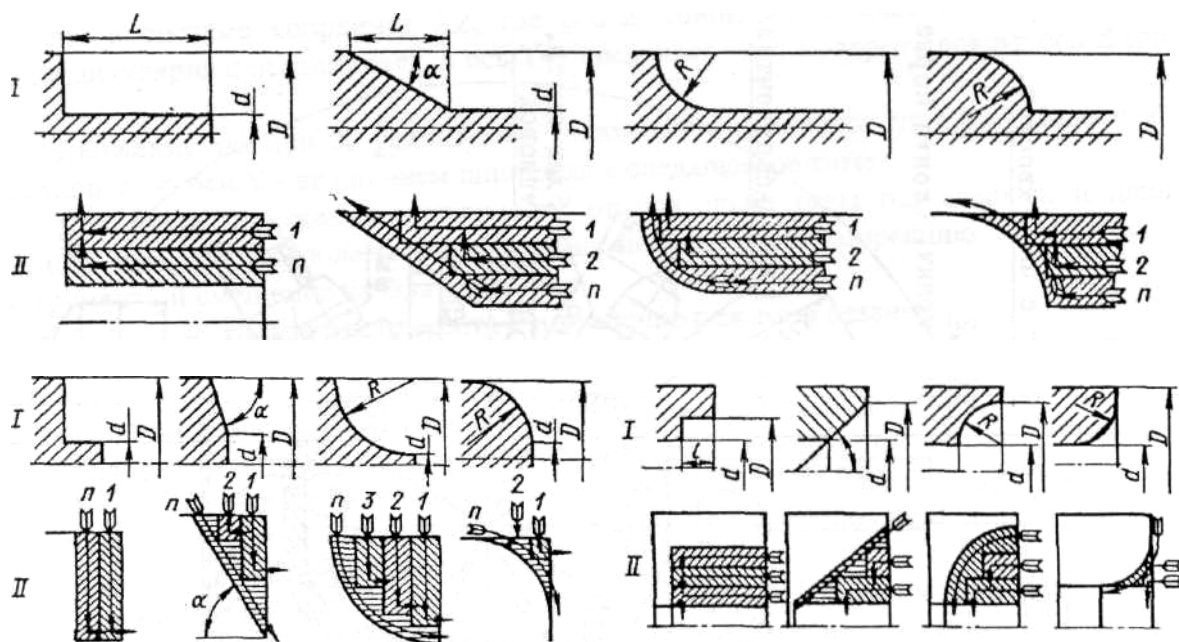


Рис. 4. Схемы перемещений проходных (а), подрезных (б) и расточных (в) при обработке основных участков поверхностей: I - эскиз участка поверхности; II - схемы перемещений

4.1. Токарная обработка

Глубину резания выбирают максимально возможной, которая ограничивается техническими характеристиками станка (мощностью привода подач). Если для обработки какой либо поверхности предусмотрено два или три прохода (например, черновой, получистовой и чистовой), то общий припуск делят соответственно на две или три части, каждую из которых стремятся снять за один проход

2. Подачу назначают максимально допустимой по условиям технических ограничений (мощность привода подач и главного привода) (рис. 6). Для чернового наружного обтачивания резцами с пластинками из твердого сплава и быстрорежущей стали при глубине резания t до 3 мм значения s - 0,3...0,4 мм/об; для растачивания $s = 0,08...0,1$ мм/об.

При чистовом точении и растачивании значения подач выбираются из таблицы 2.

таблица 2.

2. Режимы резания при точении и растачивании

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части режущего инструмента	Параметр шероховатости поверхность и R_a , мкм	Подача, мм/об	Скорость резания, мм/об
Сталь : $G_B < 650$ МПа $G_B = 650 \sim 800$ МПа $G_B > 800$ МПа	T30K4	1,25 - 0,63	0,06-0,12	250 - 300 150 - 200 120 - 170

Чугун	ВКЗ	2,5 - 1,23	0,06-0,12	100 - 200
Алюминиевые сплавы	ВКЗ	1,25 - 0,32	0,04-0,1	300 - 600
Бронза и латунь	ВКЗ	1,25 - 0,32	0,04 - 0,08	180-500

Примечание: в целях экономии времени при проведении расчетов указанные режимы могут применяться и на черновых проходах. Для оценки пригодности режимов они проверяются на соответствие мощности привода, а также на возможность «вырова» заготовки из патрона под действием сил резания. Рассчитываются сила и мощность резания.

При наружном продольном и поперечном точении, отрезании и фасонном точении

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p.$$

Постоянная C_p и показатели степени x, y, n приведены в таблице 3.

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов ($K_p = K_{mp} K_{фр} K_{γр} K_{λр} K_{зр}$) учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в таблице 4.

Мощность резания, кВт, рассчитывается по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

Полученные значения сравниваются с графиками на рис. 6. При превышении полученных значений N возможностям станка, вносятся коррективы в режимы резания.

3. Значения коэффициента C_p и показателей степени в формулах силы резания при точении

Обраб.	Мат	Вид	Коэффициенты и показатели степени в формулах для составляющих											
матер	резца	обработки	тангенциальной Pz				радиальной Py				осевой Px			
			Cp	x	y	n	Cp	x	y	п	Cp	x	y	п
Сталь	Тв. сплав	Точение Растачивание	300	1,0	0,75	-0,15	43	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
Чугун	-	-	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
Алюминиев ые спл.		Точение Растачивание	40	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
Медные сплавы	-	-	55	1,0	0,66	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0

4. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания для резцов с материалом режущей части из твердого сплава

Параметры	Поправочные коэффициенты
-----------	--------------------------

Наименование	Величина	Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
			Тангенциальной Pz	Радиальной Py	Осевой Px
Главный угол в плане α°	30	K _{фр}	1,08	1,30	0,78
	-45		1,0	1,0	1,0
	60		0,94	0,77	1,11
	90		0,89	0,50	1,17
Передний угол γ°	-15	K _{ур}	1,25	2,0	2,0
	0		1Д	1,4	1,4
	» 10		1,0	1,0	1,0
Угол наклона лезвия λ°	-5	K λ	1,0	0,75	1,7
	- 0			1,0	1,0
	5			1,25	0,85
	15			1,7	0,65
Радиус при вершине г, мм	0,5	K _{гр}	0,87	0,66	1,0
	1,0		0,93	0,82	
	* 2,0		1,0	1,0	
	3,0		1,04	1,14	

Необходимое усилие зажима предотвращающее вырыв заготовки во время обработки под действием сил резания рассчитывается по формуле (для трехкулачкового патрона):

$$P_z = \frac{1,33 K L P_z}{D_z f},$$

где K - коэффициент запаса (K=2,5);

L-длина заготовки, (расстояние от места приложения силы Pz до торца заготовки, базирующего в патроне) мм;

Pz - сила резания, Н;

Dz - диаметр заготовки, мм;

f - коэффициент трения в местах закрепления заготовки (f = 0,16 - 0,4).

При превышении сил резания нормативному усилию зажима в режимы резания вводится корректировка: снижается величина припуска (многопроходное точение), уменьшается подача, изменяются углы инструмента и т.д. до соответствия наибольшей величины Pz усилию развиваемому кулачками патрона.

4.2. Сверление.

При сверлении глубина резания $t = 0,5D$, при рассверливании $t = 0,5(D - d)$.

Подачи, мм/об, при сверлении приведены в табл. 5.

5. Подачи, мм/об при сверлении стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов

Диаметр сверла D, мм	Сталь	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
2-4	0,04-0,13	0,09-0,18
4 - 6	0,06-0,19	0,12-0,27
6-8	0,09 - 0,26	0,18-0,36
8- 10	0,12-0,32	0,24 - 0,45
10-12	0,15-0,36	0,31-0,55
12-16	0,17-0,43	0,35 - 0,66

Скорость резания при сверлении

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v.$$

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены в таблице 6, значения периода стойкости принимаются от 20 до 60 мин, значения коэффициента K_v в таблице 7.

6. Значения коэффициента C_p и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый	Матер.	Подача	Коэффициент и показатели степени				Охлажд
Материал	Реж. части	S, мм/об	C_v	q	y	m	
Сталь конструкционная	P6M5	<0,2 >0,2	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20	есть
Чугун	P6M5	<0,3 >0,3	14,7 17,1	0,25	0,55 0,40	0,125	нет
Медные сплавы	P6M5	<0,3 >0,3	28,1 32,6	0,25	0,55 0,40	0,125	есть
Алюминиевые спл.	P6M5	<0,3 >0,3	36,3 40,7	0,25	0,55 0,40	0,125	есть

7. Поправочный коэффициент K_v на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

Параметр	Сверление
Глубина обрабатываемого отверстия	3D 4D 5D 6D 7D
Коэффициент K_v	1,0 0,85 0,75 0,7 0,6

Выбранные режимы проверяются на соответствии технологическим возможностям станка и, в частности, соответствие крутящему моменту и мощности инструментального шпинделя и осевую силу (рис.6)

Крутящий момент, Н-м и осевую силу, Н, рассчитывают по формулам:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q s^y K_p;$$

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p;$$

Значения коэффициентов C_m и C_p и показателей степени приведены в табл. 8.

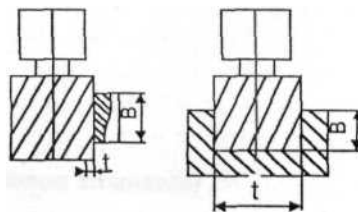
При превышении крутящего момента допустимого на инструментальном шпинделе (рис. 6) в режимы резания вносятся коррективы.

8. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении

Обработ материал	Материал реж. части	Коэффициенты и показатели степени в формулах							
		крутящего момента				осевой силы			
		C_m	q	x	y	C_p	q	x	y
Сталь	Зыстроре- жущая сталь	0,0345	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
Чугун		0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
Медные сплавы		0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
Алюмин. сплавы		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

4.3. Фрезерование

Станок укомплектован оснасткой, предусматривающей использование концевых фрез по ГОСТ 18372-80, ГОСТ 17025-71 диаметром от 3 до 8 мм и числом зубьев $z = 2 - 4$. Рекомендуемые значения подач при обработке сталей 0,01 - 0,05 мм/об, цветных сплавов - до 0,06 мм/об.



Скорость резания (окружная скорость фрезы), м/мин

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y z^p} K_p.$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 9. Расчетное значение V при фрезеровании концевыми фрезами

периода стойкости лежит в пределах 60 - 70 мин. при фрезеровании концевыми фрезами

Значения коэффициента $K_p = 1$. Величины V и t при фрезеровании концевыми фрезами берутся согласно схеме (рис. 5).

9. Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании концевыми фрезами

Материал эсж. части	Операция	s_z	Коэффициент и показатели степени в формуле скорости							Охл.
			C_v	q	Y	u	p	m		
Т15К6 Р6М5 Р6М5	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	Конструкционные стали								
		>0,1	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	
		-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33	есть
		Медные сплавы								
		-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	есть
Р6М5	пазов	Алюминиевые сплавы								
		-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	есть

С целью проверки приемлемости выбранных режимов необходимо проверить их на соответствии мощности инструментального шпинделя.

Эффективная мощность резания, кВт

$$N_э = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}.$$

Главная составляющая силы резания при фрезеровании - окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp},$$

где z - число зубьев фрезы; n - частота вращения фрезы, об/мин; B - ширина фрезерования (диаметр фрезы).

Значения C_p и показателей степени приведены в таблице 10. Величина $K_{mp} \sim 1$. 10. Значения коэффициента C_p и показателей степени в формуле окружной силы P_z при фрезеровании концевыми фрезами

Материал	Коэффициент и показатели степени				
реж. части	C_p	x	Y	l и q	w
	Конструкционная сталь				

Тв. Сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13 0
Быстрореж. сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	
	Медные сплавы					
Быстрореж. сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
	Сплавы на основе алюминия					
Тв. Сплав	8,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13 0
Быстрореж. сталь	51,1	0,86	0,72	1,0	0,86	

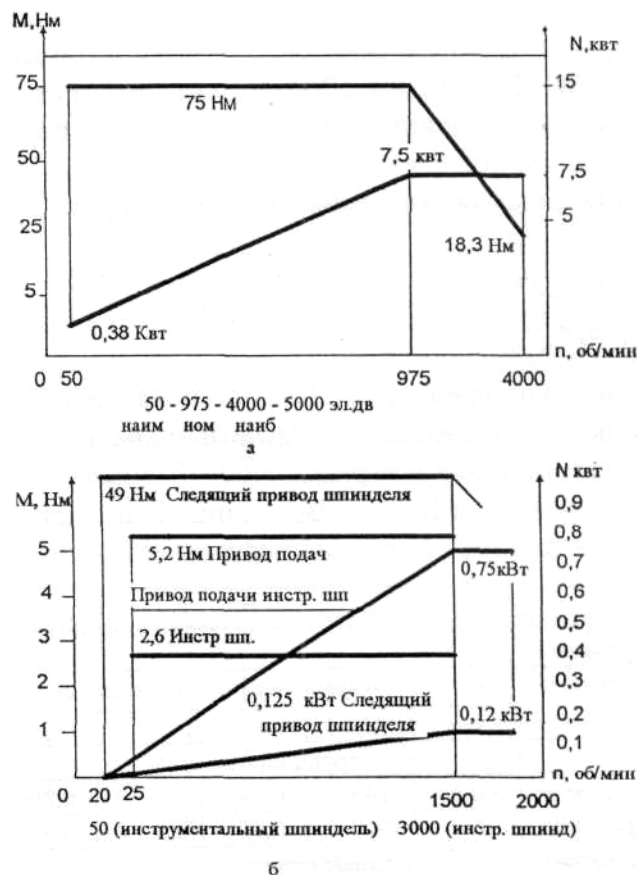


Рис. 6. График мощности и момента на шпинделе (а), график мощности и момента приводов подачи, следящего привода шпинделя и инструментального привода (б).

5. Общие вопросы программирования

Составной частью управляющей программы, вводимой и обрабатываемой как единое целое, является кадр. В УП могут быть выделены главные кадры, характеризующие начальное состояние следующего за ним участка УП, и кадры, содержащие все данные, необходимые для возобновления процесса обработки заготовки после его перерыва.

Определенное количество заданных в необходимой последовательности кадров УП, из которых первый кадр - главный, называется главой программы.

Составной частью кадра, содержащей данные о параметре процесса обработки и (или) другие данные по выполнению управления является слово, а главной его частью - адрес, определяющий назначение следующих за ним данных. Составными частями слова являются символы и знаки. Первый символ является буквой, обозначающей адрес. Остальными символами

записывается числовая информация (целое число со знаком, или целочисленный код), принадлежность которой определяет буквенный адрес. Значения символов адресов, управляющих символов приведены в табл.1 и 2 в соответствии с ГОСТ 20999-83.

11.Значения символов адресов

Символ адреса	Значение
A, B и C	Угловые перемещения вокруг осей X, Y и Z соответственно
D	Номер коррекции
E	Номер кадра перехода
F	Функция (скорость) подачи
G	Подготовительная функция
H	Количество повторений участков программы
I, J, K, L	Параметры интерполяции или шаги резьбы вдоль осей X, Y, Z
M	Обращение к подпрограмме
N	Вспомогательная функция
P	Номер кадра
Q	Свободный параметр
R	То же
S	Формальный параметр
T	Скорость главного движения (скорость вращения шпинделя)
U	Функция инструмента
V	Вторичная длина перемещения, параллельного оси X
W	то же, параллельного оси Y
X	то же, параллельного оси Z
Y	Первичная длина перемещения, параллельно оси X
Z	то же, Y
	то же, Z

12. Значения управляющих символов и специальных знаков

Символ	Наименование	Значение
ПС	Конец кадра	Символ, обозначающий конец кадра УП
%	Начало программы	Знак, обозначающий начало программы
(Круглая скобка левая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не предназначена для считывания УЧПУ
)	Круглая скобка правая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна считываться и обрабатываться УЧПУ
/	Пропуск кадра	Знак, обозначающий, что кадр программы управления может обрабатываться или не обрабатываться в зависимости от положения органа управления на пульте управления
:	Главный кадр	Знак, обозначающий главный кадр УП
ω	Операция над параметрами	Символ, обозначающий в зависимости от значения
	или переход к технологической программе	следующих за ним двух цифр: 1) изменение последовательности выполнения кадров технологической программы; 2) выполнение двухадресной операции над параметрами

5.1.Кадры

Каждый кадр программы должен содержать:

Слово «НОМЕР КАДРА»;

информационные слова:

символ «КОНЕЦ КАДРА».

Информационные слова в кадре желательно записывать в следующей последовательности:

подготовительная функция,

номер коррекции.

Слова «РАЗМЕРНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ» желательно записывать в следующей последовательности: X, Y, Z, U, V, W, I, J, K, A, B, C, R.

Информационные слова («СКОРОСТЬ ПОДАЧИ», «СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ», «ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ», «ПОДПРОГРАММА», «ПАРАМЕТР ПРОГРАММЫ») состоят из адресного символа и числа. Число может быть задано через формальный параметр. Функция G43(G44) и номер коррекции на инструмент относящиеся к определенной координате, должны предшествовать словам «РАЗМЕРНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ» по этой координате.

Для функций G41, G42, номер коррекции на радиус инструмента должен следовать непосредственно после функций G41, G42.

В пределах одного кадра программы не должны использоваться слова с одинаковыми адресами, кроме символов G, M, D, R.

Подготовительная функция G разбита на группы, её значения приведены в табл 13. Подготовительная функция

Группа	Подготовительная функция	Наименование функции, ее содержание
I	G00	Тшиционирование-перемещение на быстром ходу в заданную точку с горможением в конце кадра до станочной константы. Предварительно запрограммированная скорость перемещения игнорируется, но не отменяется Линейная интерполяция - перемещение по прямой с запрограммированной скоростью от исходной точки к точке, заданной координатами в данном кадре Круговая интерполяция, либо винтовая - перемещение с запрограммированной скоростью по дуге окружности по часовой стрелке, если смотреть в сторону положительного направления оси, перпендикулярной плоскости траектории движения, с одновременным линейным перемещением по третьей координате Круговая интерполяция - перемещение с запрограммированной скоростью по дуге окружности против часовой стрелке, если смотреть в сторону положительного направления оси, перпендикулярной плоскости траектории движения с одновременным линейным перемещением по третьей координате Измерение с повторным касанием Измерение без повторного касания Нарезание резьбы
	G01**	
	G02	
	G03	
	G13	
	G16	
	G33	
II*	G28	Автоматический выход в исходную точку через промежуточную точку
	G29	Автом-ий выход из исходной точки через промежуточную точку
III**	G04	Пауза - выдержка в отработке на время, заданное в кадре
IV	G40**	Отмена коррекции G41, G42, G43, G44 Коррекция на радиус инструмента - левая. Используется при нахождении инструмента слева от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущего инструмента в направлении его движения относительно изделия. Коррекция на радиус инструмента - правая
	G41	
	G42	

V*	G45	Обеспечивает автоматическое включение сопрягающей дуги между данным и предыдущим кадрами
VI*	G53	Отмена линейного сдвига. Используется при работе в станочной системе координат.
VII	G54**	Линейный сдвиг - смещение начала координат на величины, заданные в массиве смещения N1. Используется при работе в абсолютных размерах, при относительных - игнорируется. То же применительно к массиву N2.
VIII Группа	G79 G80** G81 G82 G83 Подготовительная функция G84 G85 G86 G87 G88 G89	Программируемый постоянный цикл. Отмена постоянного цикла. Постоянный цикл №1 Постоянный цикл №2 Постоянный цикл №3 Наименование функции, её содержание Постоянный цикл №4 Постоянный цикл №5 Постоянный цикл №6 Постоянный цикл №7 Постоянный цикл №8 Постоянный цикл №9
DC	G90** G91	Задание перемещений в абсолютных размерах. Отсчет перемещений производится от нулевой точки данной системы координат Задание перемещений в приращениях. Отсчет перемещения производится относительно предыдущей запрограммированной точки.
X*	G92	1. Установка новой рабочей системы координат 2. Максимальная скорость шпинделя при G96 3. Отношение диаметра обрабатываемого цилиндра к еденичному.
XI*	G09	Торможение в конце кадра - автоматическое. Уменьшение скорости до станочной константы торможения.
XII	G94** G95	Подача, мм/мин Подача, мм/об
XII	G17 G18 G19	Плоскость обработки XY, UX, XV.UV Плоскость обработки ZU, WX, WU, ZX Плоскость обработки YZ, VZ, YW, VW
XIV	G97** G96	Отмена функции G96, восстановление задания скорости, об/мин Постоянная скорость резания - число, следующее за адресом S в словах
XV	G43 G44 G49	Коррекция инструмента - положительная Коррекция инструмента - отрицательная Отмена коррекции G43, G44
XVI	G20 G21 G22	Масштабирование (умножение на 0,01 - 0,99) Отмена масштаба Масштабирование (умножение на 1 - 99)
XVI	G59	Программируемы дополнительный сдвиг нуля станка
XVIII	G25	Нижняя граница зоны защиты
XIX	G60 G63 G64	Точное позиционирование Нарезание резьбы метчиком Контурная обработка
XX	G65 G66	Признак задания координаты в качестве третьей координаты в винтовой интерполяции G02, G03 Отмена G65

Примечания: *- функция действует только в одном кадре; **- функция устанавливается автоматически при включении УЧПУ. В кадре можно задавать только одну функцию из каждой группы.

5.2. Вспомогательные функции

Вспомогательные функции (адрес М) используют для задания станку различных вспомогательных команд. Все вспомогательные функции задаются двухразрядным числом. Функции M00 (программируемый останов); M01(останов с подтверждением с пульта оператора); M02(конец программы); M17; M20; M30(конец ленты); M36 (диапазон подач 1, путем переключения кинематических связей); M37 (то же, но диапазон 2) реализуются УЧПУ 2Р32М являются стандартными и не зависят от типа и модели станка. Назначение и условие реализации вспомогательных функций приведены в таблице 14.

Вспомогательные функции M91; M92; M93; M94; M95; M96; M97-используются при обработке пруткового материала. Остальные функции кодируются в зависимости от типа станка.

После символа «ГЛАВНЫЙ КАДР» в кадре УП должна быть записана вся информация необходимая для начала или возобновления обработки. В этом случае «ГЛАВНЫЙ КАДР» должен записываться вместо символа N в качестве адреса в словах «НОМЕР КАДРА». 14. Вспомогательная функция

Код	Функции и её содержание	Примечания
M00	Программируемый технологический останов без потери информации по окончании обработки соответствующего кадра	Функция выполняется после окончания перемещения, запрограммированного в данном кадре
M01	Останов с подтверждением - функция аналогична M00, но выполняется только при предварительном подтверждении с пульта оператора	То же
M02	Конец программы - функция указывает на завершение программы обработки детали	То же
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Функция выполняется до начала перемещения, запрограммированного в каждом кадре
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	То же
M07, M08	Включение охлаждения	Функция выполняется до начала перемещения запрограммированного в каждом кадре
M9	Выключение охлаждения	То же
M10, M11	Зажим	Команда на зажим или разжим приспособления
M17	Выход из подпрограммы	Функция выполняется после окончания отработки данного кадра
M20	Конец повторяющегося участка УП	То же
M30	Конец ленты - конец программы с переходом на начало программы	То же
M36	Отмена функции M37	
M37	Уменьшение подачи в 100 раз	
M83	Включение инструмента фрезерного	То же
M84	Отключение инструмента фрезерного	То же
M85	Подключение датчика резьбы	То же

M86	Отключение датчика резьбы	То же
M90	Подключение токарного шпинделя и отключение следящего	Тоже
M89	Подключение следящего шпинделя и отключение	Тоже

Все размерные перемещения должны задаваться в абсолютных значениях или приращениях и с дискретностью 0,001 мм или 0,01 мм, а угловые с дискретностью 0,001° или 0,01°.

Математический знак «ПЛЮС» или «МИНУС» указывает направление перемещения и должен предшествовать первой цифре каждого размера. Математический знак «+» и нули, стоящие перед первой значащей цифрой слова, могут быть опущены, исключение составляет символ L.

Скорость линейной подачи должна задаваться от 1 мм/мин до 9600 мм/мин. Скорость оборотной линейной подачи должна задаваться от 0,01 об/мин до 99,99 об/мин.

УП должна начинаться символом «КОНЕЦ КАДРА» (ПС), вся информация до этого символа игнорируется. Далее идет символ %0 - %9 (УЧПУ 2P32M может хранить одновременно до 10 программ), комментарии заключаются в круглые скобки и размещаются после номера программы. Максимально допустимая длина комментария - 77 знаков.

Программа должна заканчиваться словом «КОНЕЦ ПРОГРАММЫ» (функция M02).

5.3 Программирование перемещений

Размерные перемещения указываются в абсолютных значениях или в приращениях. Это определяет использование в кадрах УП подготовительных функций G90 (абсолютный размер) или G91 - размер в приращениях.

Все линейные перемещения указываются в миллиметрах и их долях с учетом цены импульса задания перемещений (0,001). Так, например, для перемещения суппорта по оси Z на 25,4 мм информация должна быть представлена следующим образом:

N.. Z 25400

Угловые перемещения выражаются в градусах с учетом цены импульса перемещения следящего шпинделя (0,001°). Например, поворот шпинделя в следящем режиме на 90° кодируется следующим образом: "-
""N...Y 90000

5.4 Программирование подачи (функция F)

Величина подачи хранится по адресу F и программируется в зависимости от функции G94 в мм/мин (подача не зависит от скорости главного движения) или G95 в мм/об (подача зависит от скорости главного движения).

5.5 Программирование главного движения (функция S)

Функция главного движения определяет скорость главного движения. Вид функции главного движения осуществляется одной из следующих подготовительных функций: G96 - «постоянная скорость резания»; G97 - «обороты в минуту» 5.5. Особенности программирования

При разработке программ управления к станку СТМ-100П следует учесть следующее:

В УЧПУ «2Р32М» для управления токарными станками отсутствует коррекция

на радиус инструмента, т.к. отведенная для этого память занята под реализацию цикла

резьбонарезания;

запрещается использовать корректора от 350 до 399, т.к. они заняты под таблицу инструментов, в цикле смены инструмента.

3) в начале программы обязательно задать следующие М-функции: расцепление датчика резьбы (М86);

если шпиндель токарный, то М90 (шпиндель токарный и М84 снято «инструмент фрезерный») иначе М89 (шпиндель следящий) и М83 (инструмент фрезерный);

рекомендуется все с использованием шпинделя в следящем режиме выполнять

без перехода в режим токарной обработки, иначе при повторном включении следящего

шпинделя произойдет смещение нуля по координате Y (следящий шпиндель);

перед началом выполнения цикла работ со следящим шпинделем рекомендуется выйти в исходное положение по координате Y;

подключение датчика резьбы (М85) производить только перед переходом к циклу резьбонарезания, по его завершению датчик отключить (М86);

5.6. Программирование цикла поиска и смены инструмента Поиск инструмента в револьверной головке осуществляется командами с адресом Т. После адреса Т следует двухразрядное число, которое определяет номер инструмента. Можно задавать номера от 1 до 99 включительно. Каждый номер инструмента соответствует определенной позиции револьверной головки.

За каждой позицией револьверной головки закреплен определенный корректор. Позиции 1 соответствует корректор 381, позиции 2 корректор 382 и т.д., позиции 12 -корректор 392. В соответствии с технологической картой необходимо указать оператору станка какие номера инструментов следует занести в таблицу (в соответствующие корректора). Поиск инструмента по кратчайшему пути в прямом и обратном направлении. Всего по программе может быть 11 инструментов. Позиция 7 используется для установки блока со щупом для измерения детали (рис. 8).

Пример 1. Инструмент находится в позиции 1, а в корректоре 383 занесено число 12. N17T12 по этим командам произойдет поворот револьверной головки на две позиции против часовой стрелки в позицию 3, в которой установлен инструмент под номером 12.

Пример 2. Инструмент находится в позиции 3, а в корректоре 392 занесено число 41. N153 T41 по этим командам произойдет поворот револьверной головки на три позиции по часовой стрелке в позицию 12, в которой установлен инструмент с кодом

41.

6. Примеры программирования

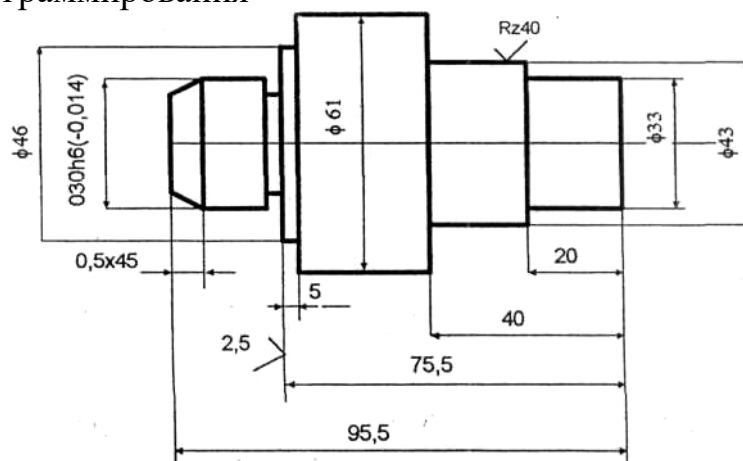


Рис. 7. Ступенчатый валик и наладка для его обработки

Неуказанные предельные отклонения по ГОСТ 1.76253-78

Пример 1., Составить программу для обработки ступенчатого валика, изображенного на рис. 7. Режимы обработки с учетом мощности развиваемого приводом шпинделя токарного, привода продольной и поперечной подач, надежности закрепления заготовки в патроне, получения необходимой точности и шероховатости представлены в таблице 15

t, мм	0,6	0,1
-------	-----	-----

Для обточки валика используется проходной резец, закрепляемый в резцедержателе 2210.0356.000. (рис. 8). Такая установка резца позволяет обойти заданный наружный контур данной детали при малом вылете резца и без столкновения резцом или резцедержателем с заготовкой или элементом станка.

Рассмотренному резцовому блоку задается код 11, который заносится в корректор 391. Исходному положению revolverной головки присваивается код 1, который заносится в корректор 381.

Наладка на обработку ступенчатого валика представлена на рис. 8, где показано базирование заготовки в патроне. На основании намеченных переходов с учетом режущей части инструмента рассчитаны абсолютные и относительные размеры.

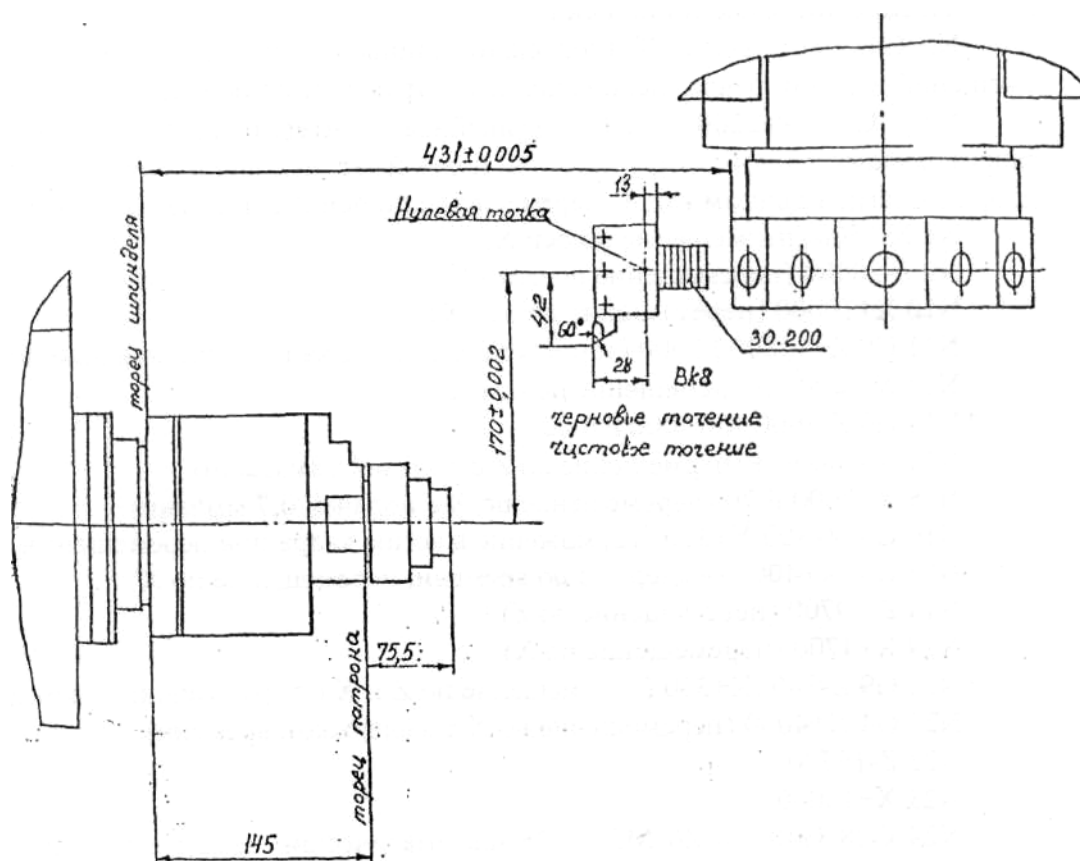


Рис. 8. Наладка на обработку ступенчатого валика

При работе в приращениях (G91) используются относительные размеры, а при работе в абсолютных координатах (G90) - абсолютные размеры.

Программа обработки ступенчатого валика написана при задании размеров в приращениях. Для учета положения инструмента используются корректора 17 и 16. Корректорам присвоены следующие значения (рис. 10) Д17+28000, Д6+42000.

Перемещения по координатам из исходной точки рассчитываются следующим образом:

$$X = 170 - \left(\frac{d_{\text{заг}}}{2} - h \right) = 170 - \left(\frac{34,4}{2} - 0,6 \right) = 153,4 \text{ мм}$$

$$Z = 431 - (145 + 60 + 1) = 431 - (145 + 77,5 + 2) = 208,5 \text{ мм}$$

где $d_{\text{заг}} = 34,4$ - начальный диаметр заготовки ступенчатого валика; h - величина снимаемого припуска; $1 = 2$ мм - величина недохода до заготовки (принимается в пределах от 1 до 5 мм в зависимости от точности изготовления заготовки).

Программа обработки приведена ниже и имеет номер 1.

ПС

% 1 (% - комментарий, начало программы; номер программы)

N1 M86 (отключение датчика резьбы)

N2 M90 (подключение токарного шпинделя и отключение следящего шпинделя)

N3 G91 M84 (размер в приращениях, отключение инструмента фрезерного)

N4 S2000 M4 (скорость главного движения, вращение шпинделя против часовой стрелки).

N5 G G43 D16 Z-208500 (коррекция длины инструмента положительная, перемещение инструмента по оси Z

N6 G43 D17 X-153400 (коррекция длины инструмента отмена ранее заданных смещений нулевой точки, перемещение инструмента по оси X)

N7 G1 Z-22000 F30 (линейная интерполяция - перемещение с запрограммированной скоростью по прямой от исходной точки к точке заданной координатами в данном кадре; перемещение по оси Z с подачей 30 мм/мин

N8 X+ 500 (перемещение по оси X)

N9 Z-20000 (перемещение по оси Z)

N10 X+10000 (перемещение по оси X)

N11 G9 Z+42000 F3000 (торможение в конце кадра; перемещение по Z)

N12 X-10000 (перемещение по оси X)

N13 G9 Z-1900 X-13000 F1000

N14 Z-200 F18 (перемещение по Z с подачей 18мм/мин)

N15 X+7600 F 70 (перемещение по X с подачей 0,7 мм/мин)

N16 G9 Z-300 X+300 (торможение в конце кадра при перемещении по Z и X)

N17 G4 X+4000 (выдержка по времени; перемещение по X)

N18 Z-19700 (перемещение по Z)

N19 X+4700 (перемещение по X)

N20 G9 Z-300 X+300 (перемещение по Z и X с торможением в конце кадра)

N21 G4 X+4000 (перемещение по X с выдержкой времени)

N22 Z-19700

N23 X+10000

N24 G28 G40 X0 Z0 M5 (G28 -автоматический выход в исходную точку через промежуточную точку; G40- отмена коррекции; нулевые положения X и Z; останов шпинделя)

N25 M2 (конец программы)

N26 M30 (конец ленты)

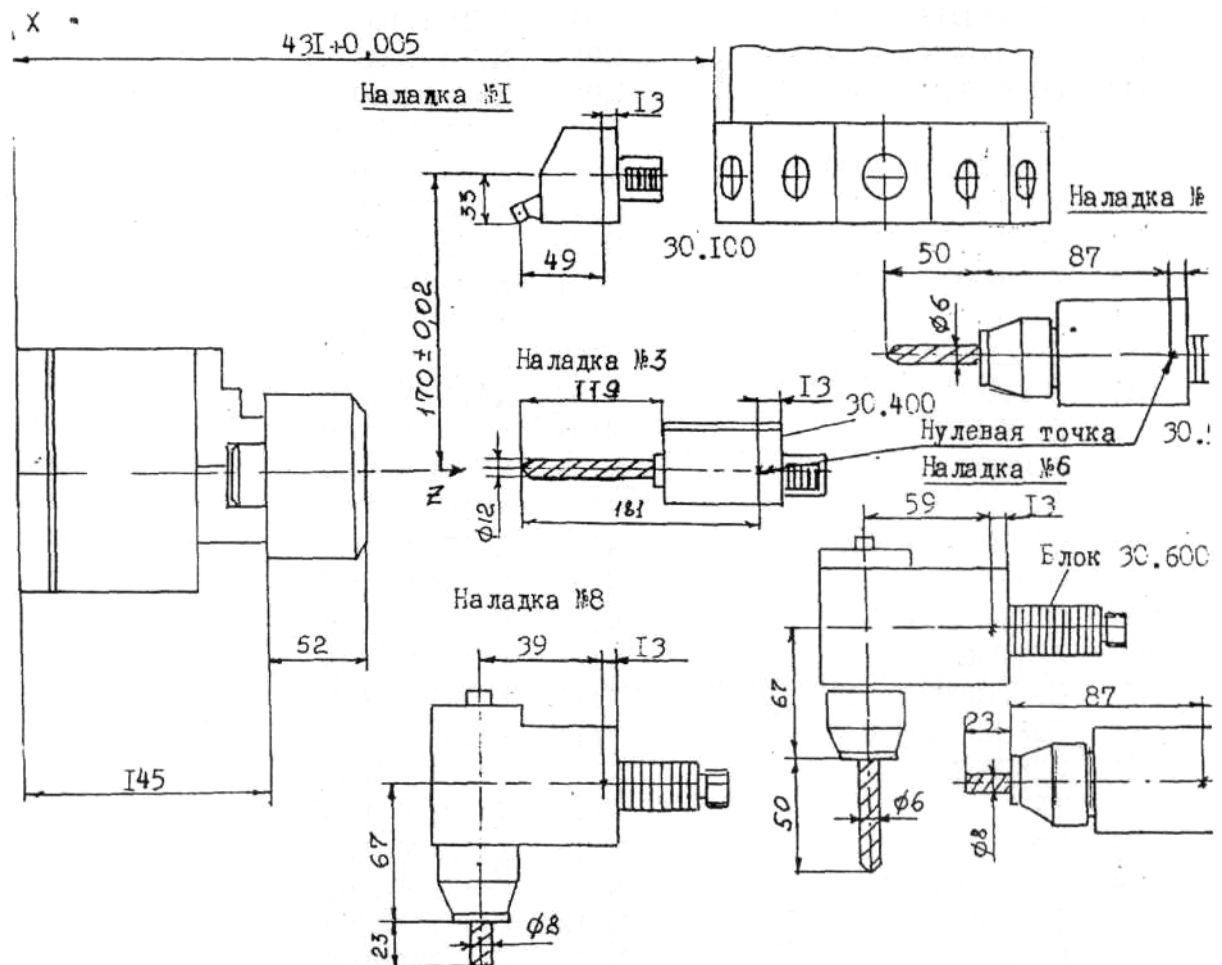
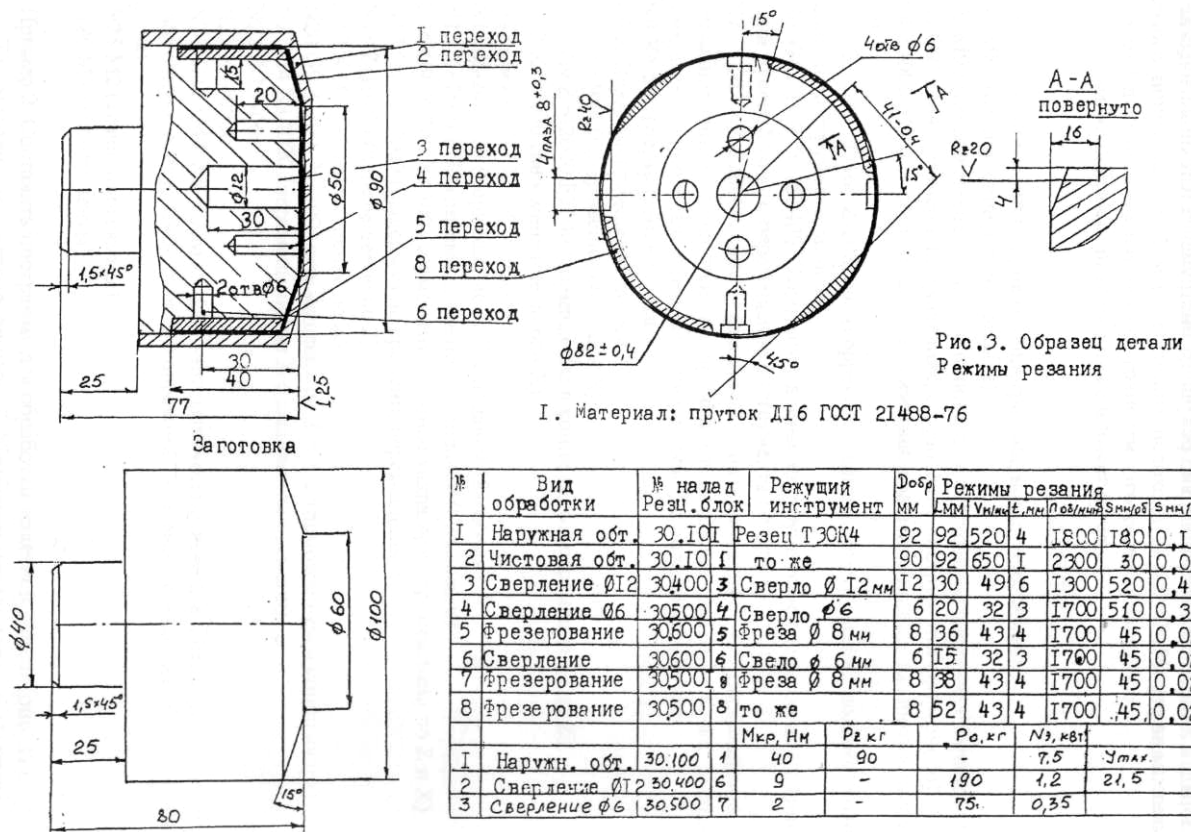
Пример 2. Составить программу для обработки макетной детали (рис. 11).

Для выполнения токарно-фрезерной обработки используется 6 инструментов.

Порядок выполнения операций, вид режущего инструмента и технологические данные указаны на рис. 11, 12

Для выполнения токарно-фрезерной обработки используется 6 инструментов.

Порядок выполнения операций, вид режущего инструмента и технологические данные указаны на рис. 11,12



%3		N19	G G43 D5 X-170291 G43 D6 Z-1100 M8
N1	M86	N20	Gl Z - 40000 F45
N2	M90	N21	G9 Z + 40000 F2000 M9
N3	G91 M84	N22	G28 X0 Z0 G40 M5
N4	S1800 M4	N23	M89
N5	G G43 D1 Z-147700	N24	Gl Y - 50000 F500
N6	G43 D2 X-87291 M8	N25	G28 Y0
N7	Gl Z-66000 F30	N26	T3
N8	X+1000	N27	M83
N9	G9 Z+66000 F2000	N28	S1300M3
N10	X-2000F100S2300	N29	G G43 D7 Z-50000
N11	Z-66000 F20	N30	G43D8X- 152791 M8
N12	G9 X+7000 Z+54265 F1000	N31	G91 Z- 27000 F45
N13	X-27000 Z+7235 F20	N32	G9Z+27000F1000
N14	X-20000	N33	Y90000
N1	Z+1000 M9	N34	Gl Z-27000 F45
N16	G28 X0 Z0 G40 M5	N35	G9 Z + 27000 F1000
N17	T2	N36	G28 X0 Z0 G40 M5
N18	S1300 M3	N37	G28 YO M9
N38	T4	N91	X-62 Y-1000
N39	M83	N92	X-48 Y-1000
N40	S2000 M3	N93	X-34 Y-1000
N41	GG43D13Z-143000	N94	X-21 Y-1000
N42	G43D14X-37291M8	N95	X-7 Y-1000
N43	Gl Z - 36000 F30	N96	X+7 Y-1000
N44	X1000	N97	X+21 Y-1000
N45	G9 Z 36000 F2000	N98	X+34 Y-1000
N46	Y 90000	N99	X+48 Y-1000
N47	G1X-1000F30	N100	X+62 Y-1000
N48	Z- 36000	N101	X+76 Y-1000
N49	X1000	N102	X+90Y-1000
N50	G9Z36000F2000	N103	X+104 Y-1000
N51	G Y9000	N104	X+119Y-1000
N52	G1 X-1000 F30	N105	X+133 Y-1000
N53	Z-36000	N106	X+148 Y-1000
N54	X1000	N107	X+163 Y-1000
N55	G9 Z36000 F2000	N108	X+178 Y-1000
N56	G Y90000	N109	X+194 Y-1000
N57	G1 X-1000 F30	N110	X+210 Y-1000
N58	Z-36000	N111	X+226 Y-1000
N59	G9 X10000 F1000	N112	X+243 Y-1000
N60	G28 XO ZO G40 M5	N113	X+260 Y-1000
N61	G28 YO M9	N114	X+277 Y-1000
N62	T5	N115	X+293 Y-1000
N63	M83	N116	X+314Y-1000
N64	R27-4910R26+0	N117	X+333 Y-1000
N65	S500M3	N118	X+352 Y-1000
N66	G4X20	N119	X+373 Y-1000
N67	G91 GY-20660	N120	X+132 Y-1000
N68	GG43D9X-115291	N121	E+166 02R25
N69	G43 D10 Z-108000 M8	N122	G Y - 35660 R25+1
N70	Gl X+R27.F45	N123	Gl X-4390 F10
N71	G1 X-132 Y340 F20	N124	Y-60000 F20
N72	X-373 Y-1000	N125	X4390 F100
N73	X-352 Y-1000		GY-35660

N74	X-333 Y-1000	N127	E-108 ©00
N75	X-314Y-1000	N128	GY-35660R25+0
N76	X-293 Y-1000	N129	GI X-4390 F10
N77	X-277 Y-1000	N130	Y-60000 F20
N78	X-260 Y-1000	N131	X4390 F100
N79	X-243Y-1000	N132	G Y-90000
N80	X-226 Y-1000	N133	G28 XO ZO G40 M5
N81	X-210 Y-1000	N134	G28 YO R27+0 M9
N82	X-194Y-1000	N135	G4X200
N83	X-178 Y-1000	N136	E+176 шO2 R26
N84	X-163 Y-1000	N137	R26+0 R27+0
N85	X-148 Y-1000	N138	G4X20
N86	X-133 Y-1000	N139	T8
N87	X-119Y-1000	N140	M83
N88	X-104 Y-1000	N141	S800 M3
N89	X-90 Y-1000	N142	GG43D11Z-176000M8
N90	X-76 Y-1000	N143	Y-90000
N14	GI X-25000 F45	N149	G28X0Z0G40
N14	G9 X25000 F1000	N150	G28 YO M5
N14	GY-180000	N151	TI
N14	GI X-25000 F45	N152	M2
N14	G9 X20000 F1000	N153	M30

Порядок выполнения работы

По чертежу полученной детали (вычерчивается на отчете) выбрать типовую схему обработки, стандартный инструмент и рассчитать режимы с проверкой их на превышение мощности приводов и надежности закрепления заготовки. Вычертить наладку с указанием всех необходимых размеров. Составить программу для обработки заданной детали или поверхности (по указанию преподавателя). Отчет представляется на листах формата А4.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / под ред. А.С. Ямникова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. -269с. (41 экз.)
2. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп/ – М.: Машиностроение, 2007.- 430 с. (24 экз.)
3. Фельдштейн Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ : учеб. пособие для вузов. – 2-е изд.,испр. – Минск : Новое знание, 2006.- 287с. (20 экз.)
4. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием [Электронный ресурс]: монография/ Денисенко В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2013.— 606 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11990>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

1. Гжиров, Р.И. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ: Учеб.пособие для высш.техн.и сред.спец.учеб.заведений. Ч.1. Технологическое

оборудование и оснастка / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий; ЦНИИНТИ . – М., 1987 . – 178с. (20 экз.)

2. Гжиров, Р.И. Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ: Учеб.пособие для втузов и сред.спец.учеб.заведений. Ч.2. Подготовка управляющих программ для токарных станков с ЧПУ / Р.И.Гжиров, П.П.Серебrenицкий; ЦНИИНТИ . – Б.м., 1988 . – 158с.: ил. (20 экз.)

3. Серебrenицкий, П.П. Программирование для автоматизированного оборудования: Учебник для сред. проф. образования / П.П.Серебrenицкий, А.Г.Схиртладзе; Под ред.Ю.М.Соломенцева . – М. : Высш.шк., 2003 . – 592с. : ил. (2 экз.)

4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 Т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского и др. 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение-1, 2001.- Т. 1.- 912 с. (14 экз.)

5. Федин, Е.И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Е.И.Федин .– Тула, 2006 .– 1опт.диск.(CD ROM).

6. Федин, Е.И. Технологические основы автоматизации машин и оборудования / Е.И.Федин .– Тула, 2007 .– 1опт.диск.(CD ROM).

7. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ В.И. Аверченков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 212 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7010>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

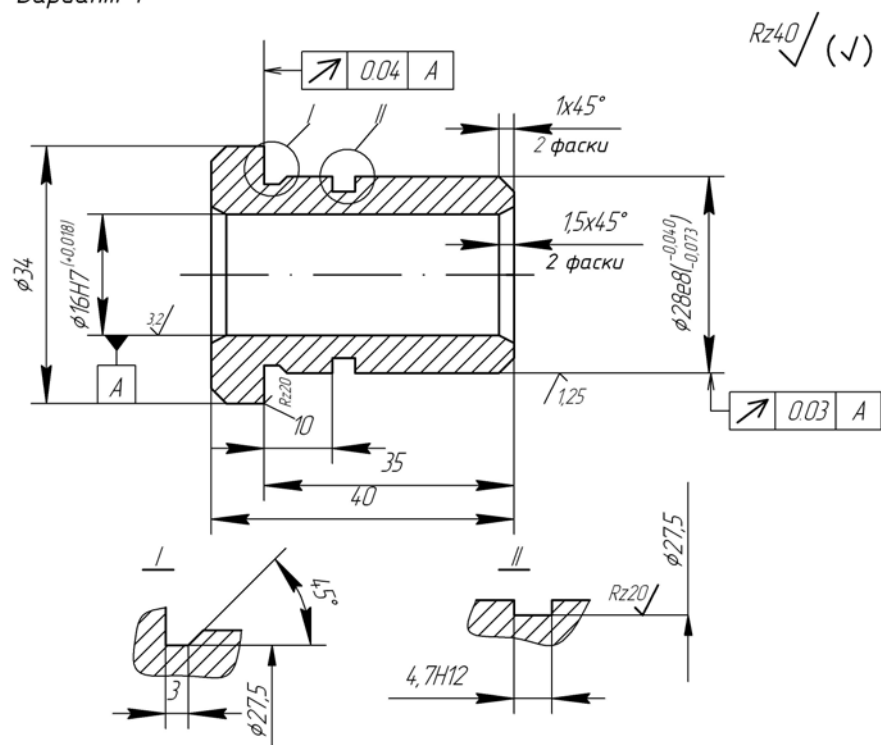
8. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: монография/ В.И. Аверченков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6989>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

ПРИЛОЖЕНИЕ

Задание на выполнение работы.

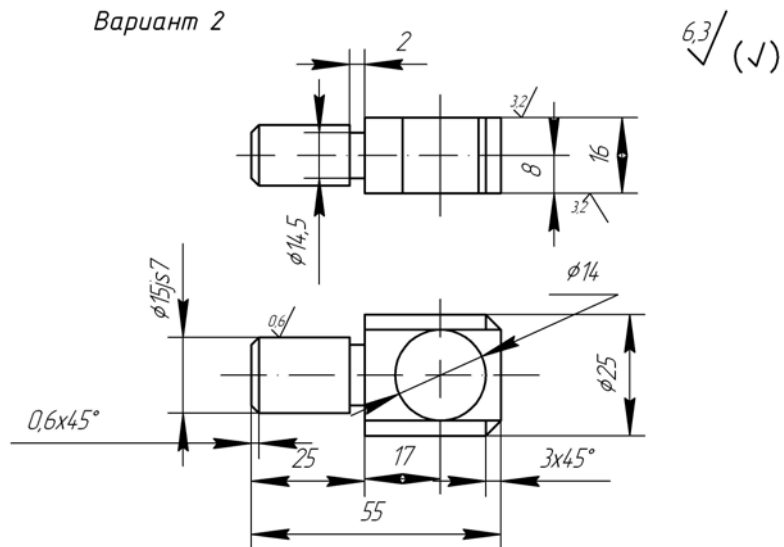
Примечание: Припуск для заготовок из проката - 2 мм на сторону, отливки - 3 мм на сторону, штамповки - 3 мм на сторону.

Вариант 1



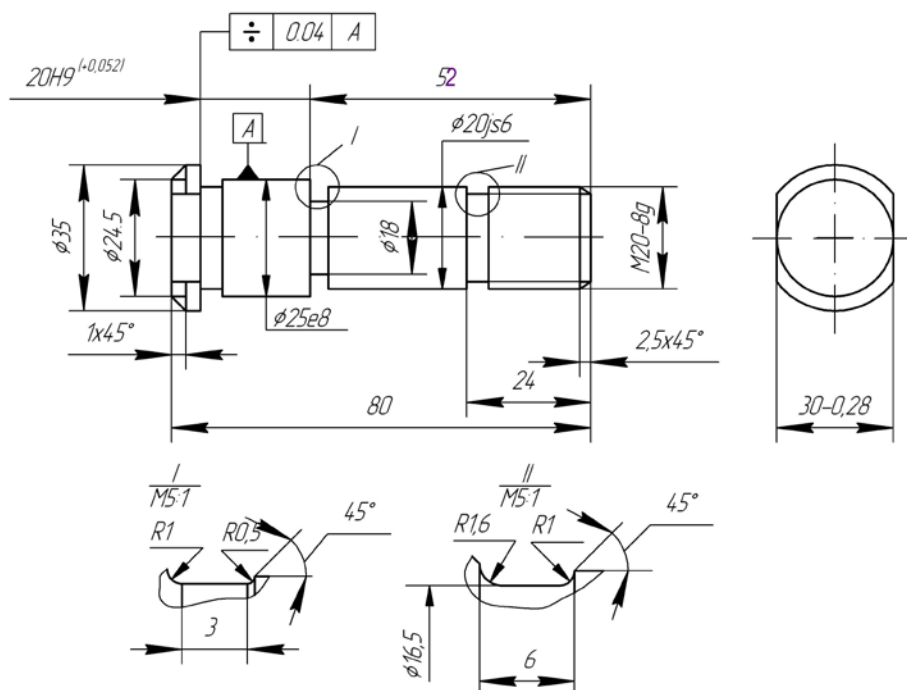
Втулка. Вид заготовки - прокат. Материал А12В

Вариант 2



Стопор. Вид заготовки - прокат. Материал - ст.45

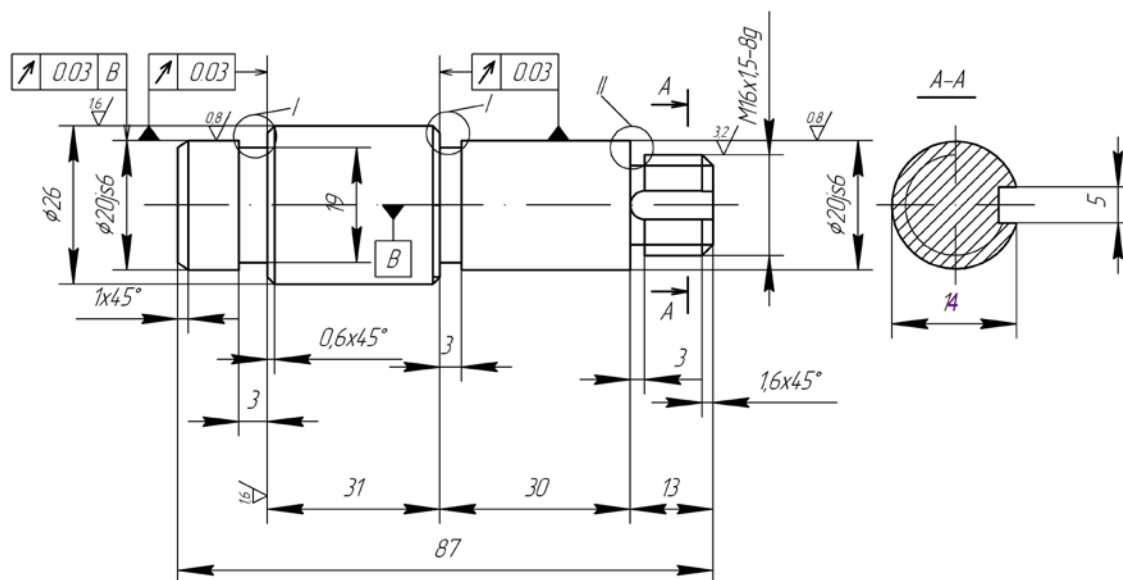
Вариант 3



Ось. Вид заготовки - прокат. Материал - ст.45

Вариант 4

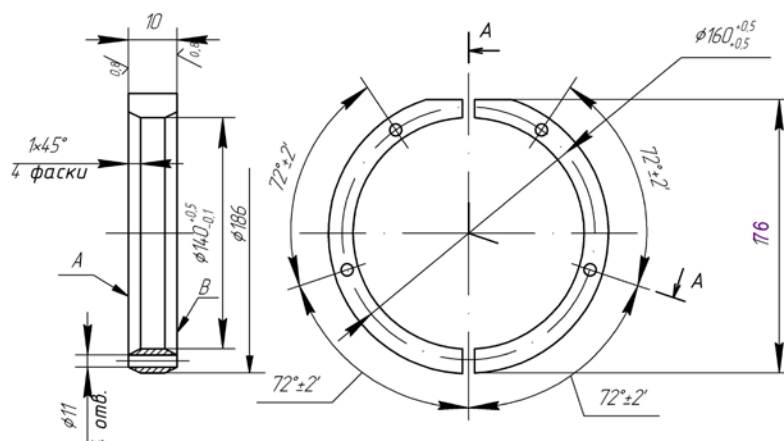
6.3/ (A)



Валик. Вид заготовки - прокат. Материал - ст.45

Вариант 5

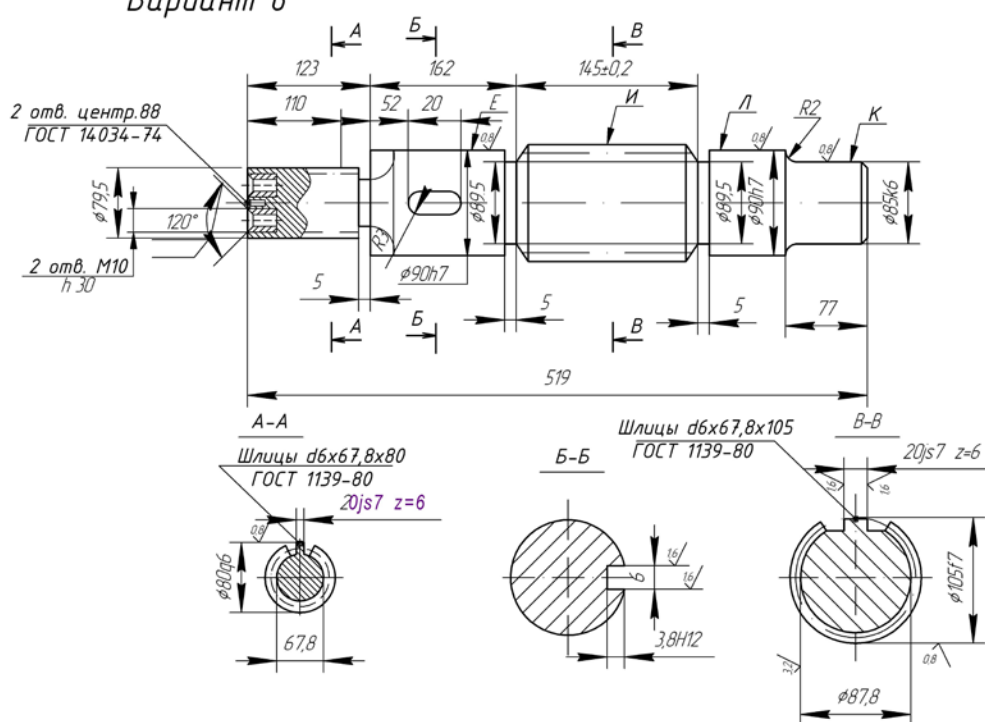
6.3/✓



Компенсационное кольцо. Вид заготовки - прокат(труба). Материал - ст.45

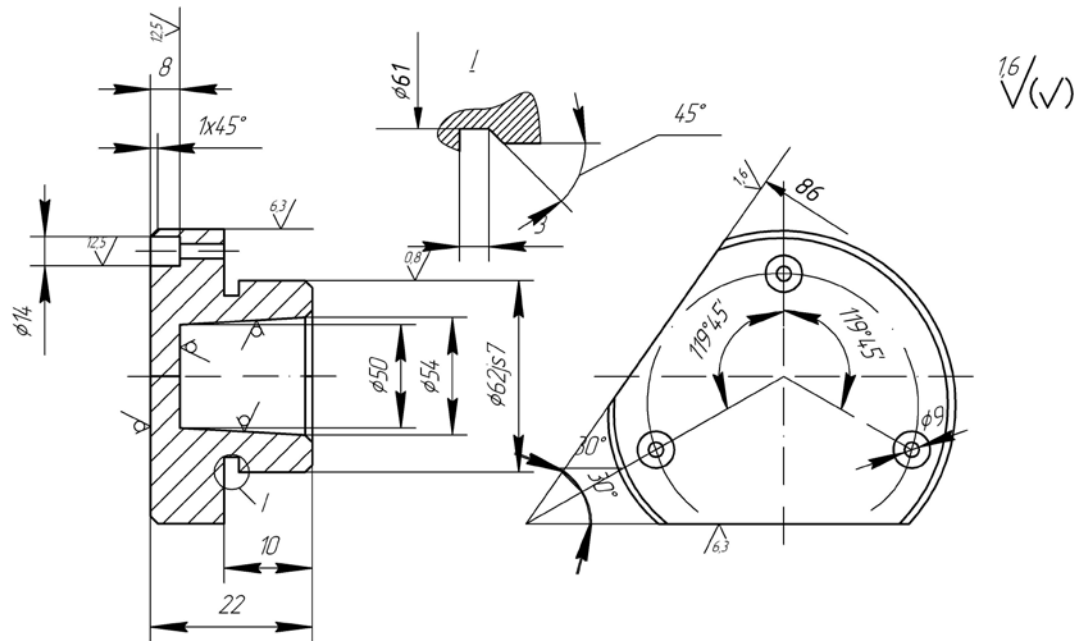
Вариант 6

6.3/✓



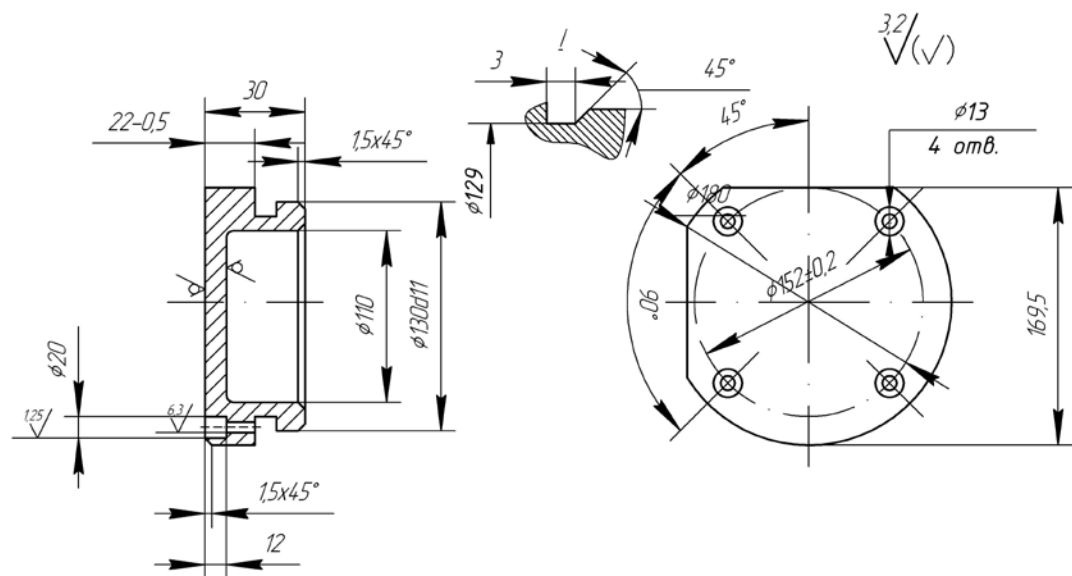
Шлицевый вал. Вид заготовки - прокат. Материал - ст.45

Вариант 7



Фланец. Вид заготовки - отливка. Материал - чугун СЧ20

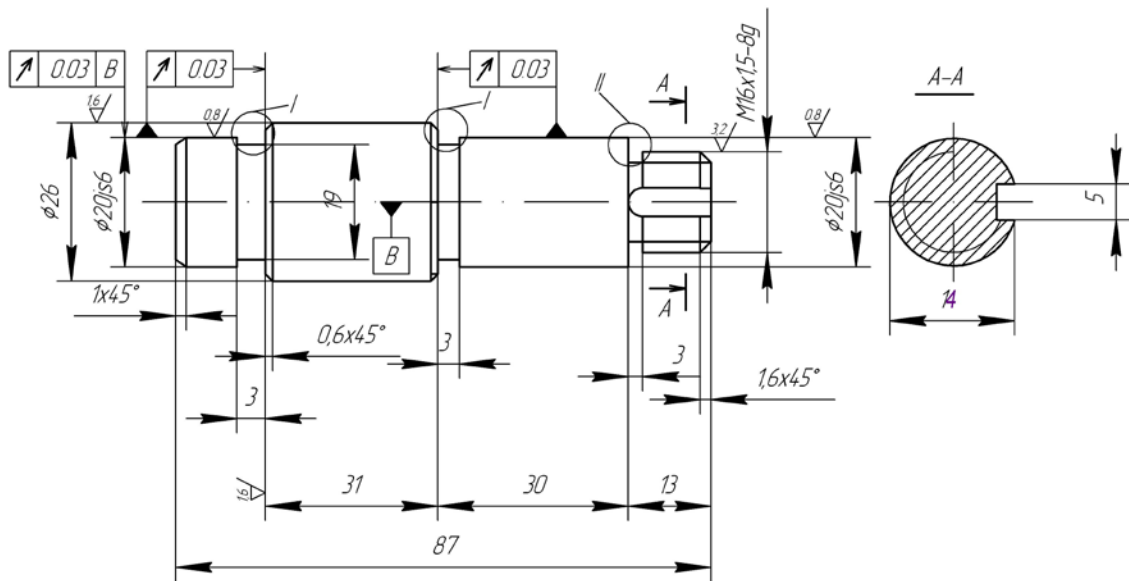
Вариант 8



Фланец. Вид заготовки - отливка. Материал - чугун СЧ20

Вариант 9

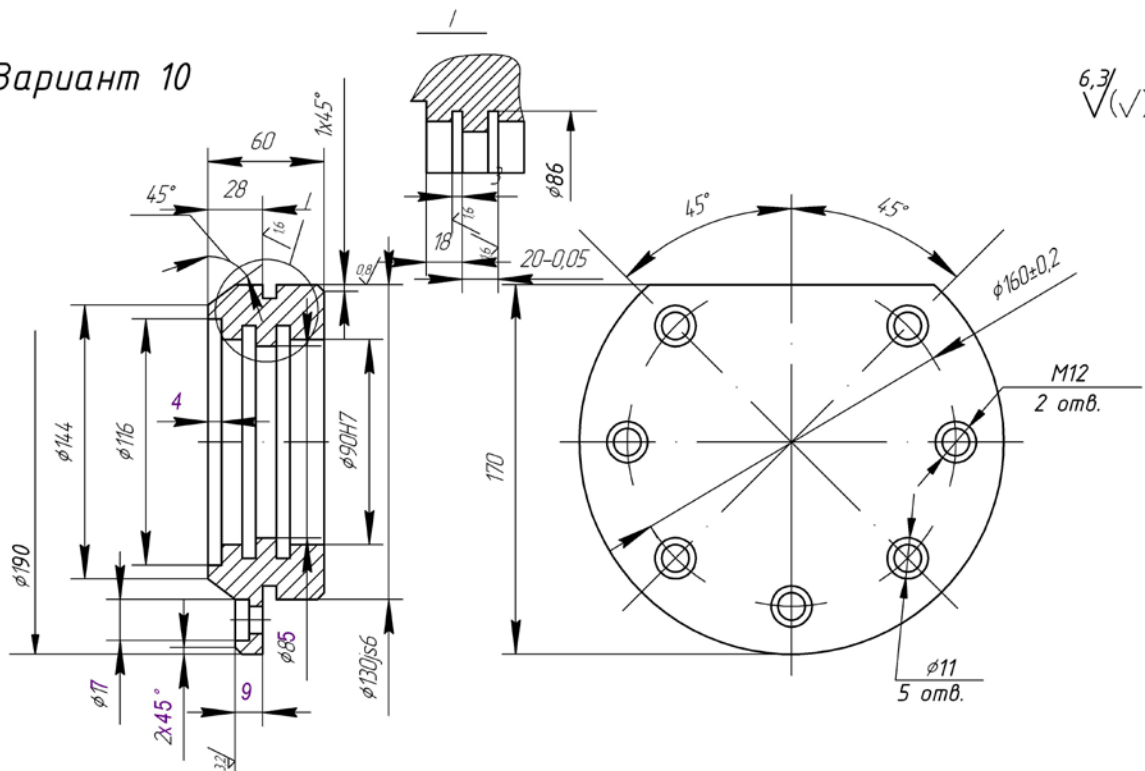
6.3/√(✓)



Валик. Вид заготовки - прокат. Материал - ст.45

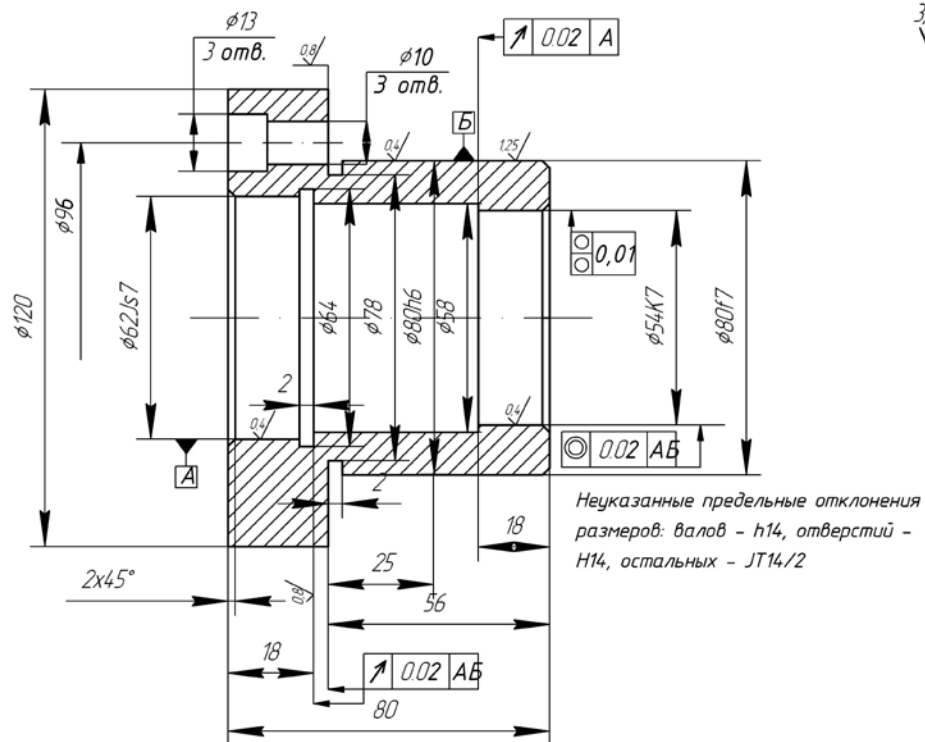
Вариант 10

6.3/√(✓)



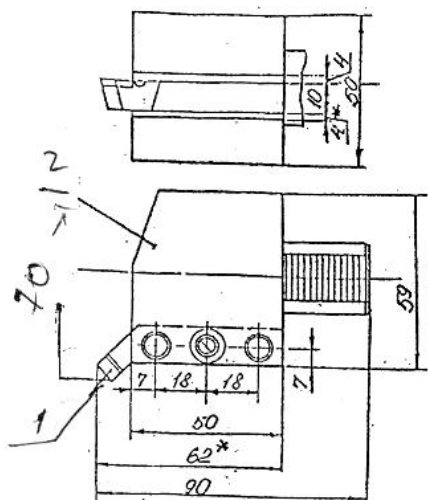
Стакан. Вид заготовки - отливка. Материал - алюминий АЛ9

Вариант 11

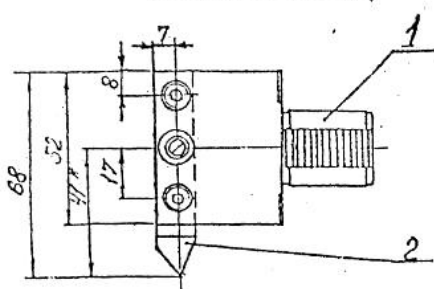
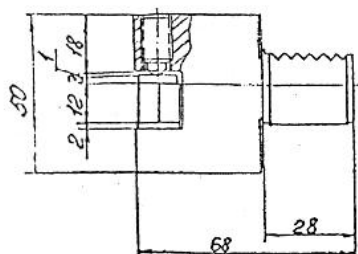
$$\sqrt[3.2]{(\checkmark)}$$


Фланец. Вид заготовки - штамповка. Материал - ст20

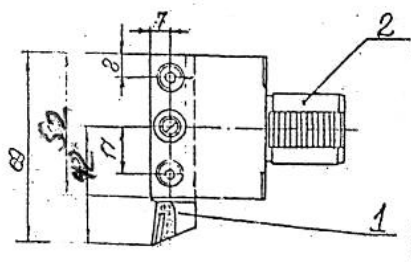
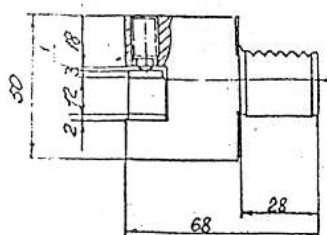
2. Примеры для оформления инструментальных наладок для обработки макетной детали



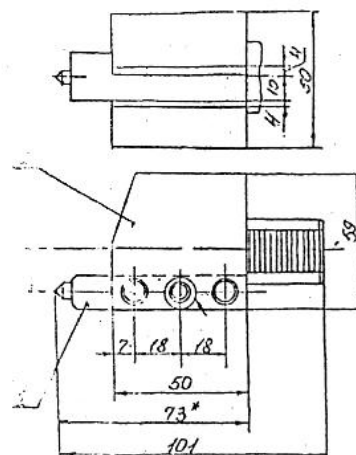
Наладка № 1



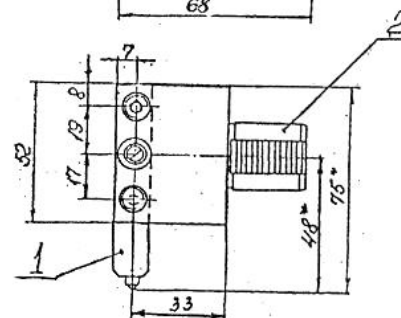
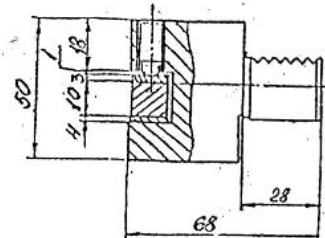
Наладка № 4



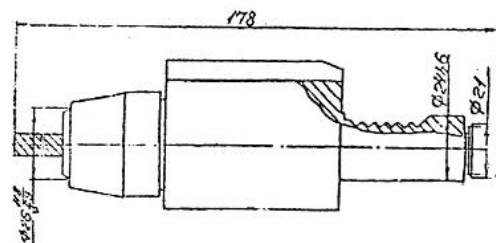
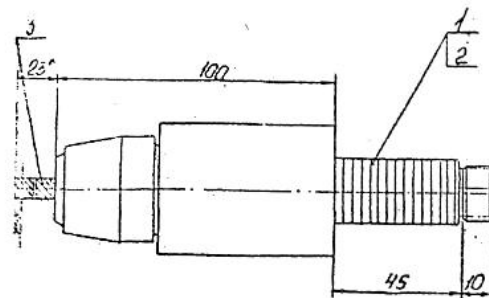
Наладка № 5



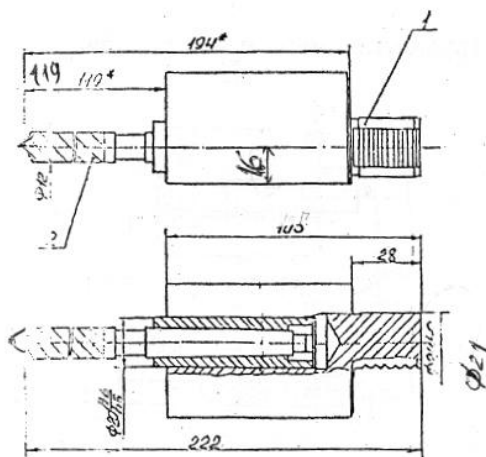
Наладка № 3



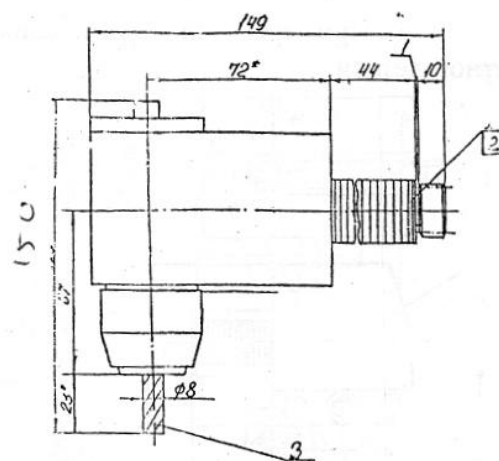
Наладка № 2



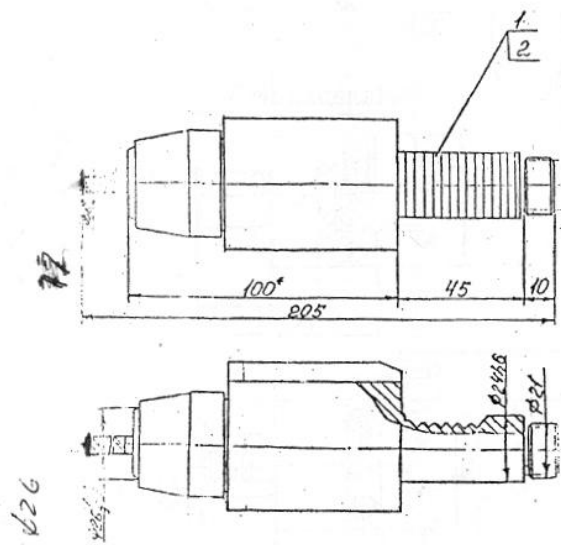
Наладка № 10



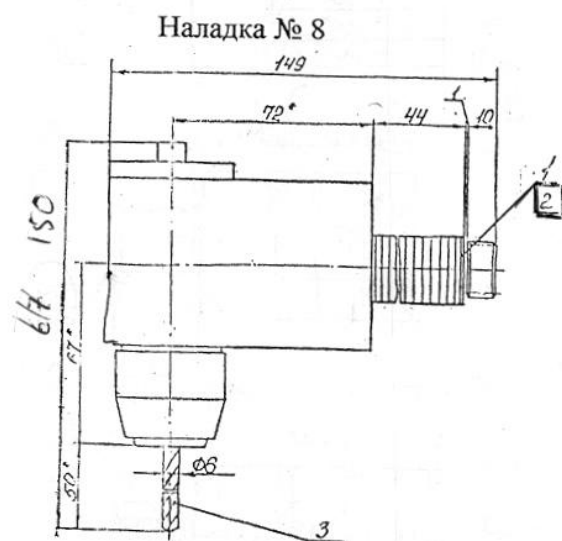
Наладка № 6



Наладка № 8



Наладка № 7



Наладка № 9