

1.1 Технологическая часть

1.1.1 Служебное назначение изделия

Деталь МКЮ.4У.47.13.501 является штоком домкрата передвижки секции крепи. Шток предназначен для перемещения тяги, обеспечивающей передвижку секции крепи и лавного конвейера. Перемещение тяги происходит благодаря подаче рабочей жидкости в штоковую или поршневую полости.

Передвижка секций крепи осуществляется домкратами передвижки при подтягивании их к конвейеру, опирающемся в это время на тяги, соединенные с домкратами передвижки соседних, распертых в кровлю секций крепи.

Домкрат передвижки предназначен для передвижки конвейера и секций крепи. Домкрат представляет собой гидроцилиндр двухстороннего действия, в котором поршневая полость образована цилиндром, штоком и поршнем.

К основным поверхностям детали относятся поверхности: диаметром 100f9 мм, диаметром 180H9 мм, диаметром 24D10 мм, диаметром 75H9.

Шток изготавливается из легированной конструкционной стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71. Химический состав стали (ГОСТ 977-88) соответствует приведённому в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Cu	Ni	S	P
				не более, %			
0,28÷ 0,34	0,80÷ 1,10	0,90÷ 1,20	0,80÷ 1,10	0,30	0,30	0,025	0,025

Технологические свойства материала:

- температураковки: 1240 – 800 °С;
- сечения до 50 мм охлаждаются в штабелях на воздухе, от 51 до 100 мм – в ящиках;
- свариваемость: ограниченно свариваемая. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, АрДС, ЭШС. Рекомендуются подогрев и последующая термообработка, КТС без ограничений;
- обрабатываемость резанием: в горячекатаном состоянии при НВ от 207 до 217 и $\sigma_B = 710$ Мпа, $K_{ц\text{ тв.спл.}} = 0,85$, $K_{ц\text{ б.ст.}} = 0,75$;
- склонность к отпусковой способности: склонна;
- флокеночувствительность: чувствительна.

1.1.2 Производственная программа и определение типа производства

В соответствии с [12], по заданному количеству обрабатываемых в год деталей (1000 шт.) и массе штока (79,0 кг) ориентировочно определяется среднесерийный тип производства.

Таблица 1.2 – Подетальная годовая производственная программа

Наименование детали	Марка материала	Число деталей на изделие	Процент на запасные части	Число деталей			Масса, т	
				на основную программу	на запасные части	всего	детали	на программу с запасными частями
Шток МКЮ.4У.47.13.501	Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71	1	5	1000	50	1050	0,079	82,95

Для серийного производства определяется размер партии запуска [12]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.1)$$

где n – размер партии запуска, шт;

N – годовая программа, шт;

a – период запуска в днях, по рекомендациям [12] принимаем a = 3;

F – число рабочих дней в году, для 2016-го года F = 247.

$$n = \frac{1050 \cdot 3}{247} = 13 \text{ шт.}$$

1.1.3 Анализ действующего технологического процесса

Базовый технологический процесс обработки детали МКЮ.4У.47.13.501 разработан для мелкосерийного типа производства, способ получения заготовки – прокат.

Базовый технологический процесс имеет структуру, представленную в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технологический процесс механической обработки штока

№ Операции	Оборудование	Наименование операции Краткое содержание	Приспособления	Режущий инструмент	Измерительный инструмент
1	3	2	4	5	6
005	Станок МР 75	Фрезерно-центровальная Обработать согласно эскизу	Призмы	Фреза, сверло центровочное ГОСТ 2317-0168 ГОСТ 14952-75	Штангенциркуль ШЦ-III-1250-0,1 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6
010		Слесарная Снять заусенцы			
015	Станок 16М30 Ф3	Токарная Обработать эскизу согласно	Патрон, центр	Резец PCLNR 3232 P19 Pramet, Пластина CNMG 190608E-RM 9230	Штангенцир куль ШЦ-П- 250-0,05 ГОСТ 166-89
020	Станок 1К62Д	Токарная Обработать эскизу согласно	Патрон, люнет		ШЦ-П-1250- 0,1 ГОСТ 166-89
025	Станок УТВ16 00Н	Сверлильная Обработать эскизу согласно	Призмы, болты, гайки		Штангенцир куль ШЦ-П- 250-0,05 ГОСТ 166-89
030		Контрольная Проверить прямолинейность, Ф30Н14			Калибр прямолинейн ости
032	Станок 1К62Д	Токарная Править шейки, выполнить проточку согласно эскизу	Патрон, центр	Резец	Штангенцир куль ШЦ-П- 250-0,05 ГОСТ 166-89
035	Станок 1К62Д	Токарная Обработать эскизу согласно	Патрон, люнет		
040	Станок 16М30 Ф3	Токарная Обработать эскизу согласно	Патрон, центр	Резец PCLNR 3232 P19 Pramet, Резец GFIR 2525 M04 Pramet, Пластина CNMG 190608E-RM 9230	Штангенцир куль ШЦ-П- 250-0,05 ГОСТ 166-89
045	Станок УТВ 1600	Сверлильная Обработать эскизу согласно	Призмы, прижимы, сверло	Сверло ф10	
050		Термическая По отдельному техпроцессу			
055	Станок 1К62Д	Токарная Обработать эскизу согласно	Патрон, люнет	Резец	Штангенцир куль ШЦ-П- 250-0,05 ГОСТ 166-89

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6
060	Станок 1740РФ 3	Токарная Обработать согласно эскизу	Патрон, центр	Резец 32х25 тип S ТУ-035-861-84	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89
065	Станок СФ500 (ГФ217 1)	Фрезерно-сверлильная Обработать согласно эскизу	Призмы	Зенкер (027-762), развертка черновая (037-538), развертка чистовая (037-540)	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89
066	Станок 2А554	Сверлильная Сверлить ф10,7			Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
070		Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки, нарезать резьбу К1/4"			
075	Станок GE 20000ТЗ	Шлифовальная Обработать согласно эскизу	Центра	шлифовальный круг	Микрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90
080	Станок 1740РФ 3	Токарная Обработать согласно эскизу	Кулачки, патрон, люнет		
085	Станок 1740РФ 3	Токарная Обработать согласно эскизу	Кулачки, патрон, люнет	Резец	Калибр соосности Ф32Н8 и М36х1,5-6Н (150-2762)
090	Станок 1740РФ 3	Токарная Обработать согласно эскизу	Кулачки, патрон, люнет	Резец SER-S 25A5 M16 Pramet, пластина TN 16ER150-300M 8030	
095	Станок 2А554	Сверлильная Обработать согласно эскизу	Кондуктор		
100		Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки, Маркировать П, установить заглушки			

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6
103		Моечная			
105		Сварка Приварить дет. МКЮ.4У.47.13.503 – бобышка и бет. МКЮ.4У.47.13.503 – заглушка			
110		Испытание			
115	Станок 1К62Д	Токарная Полировать Ф110, R1 согласно эскизу	Патрон, центр	Полировальник (257-643)	Микрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90
120		Контрольная	Плита контроль ная		
125		Нанесение покрытия Х.мол.24			
130	Станок 1К62Д	Токарная Полировать Ф110		Полировальник (257-643)	Микрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90
135		Нанесение покрытия Х.24 тв.			
137		Слесарная Проверить отсутствие электролита			
140	Станок 1К62Д	Токарная Полировать Ф110f9		Полировальник (257-643)	Микрометр МК125-1 ГОСТ 6507-90
145		Контрольная	Плита контроль ная		
150		Сборка			
155	Станок 2А554	Сверлильная Сверлить отверстие Ф12 ^{+0,5} через отв. М16-7Н			
160		Сборка			

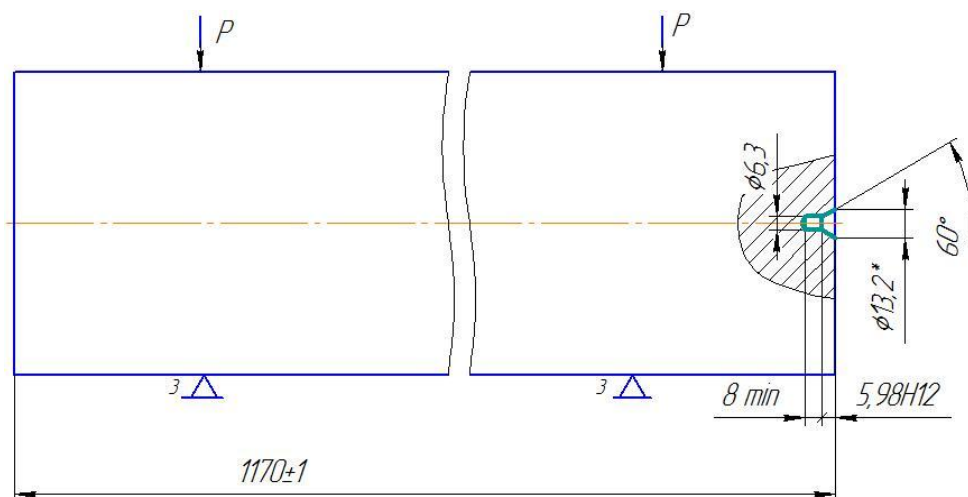


Рисунок 1 Схема установки для 005 операции

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

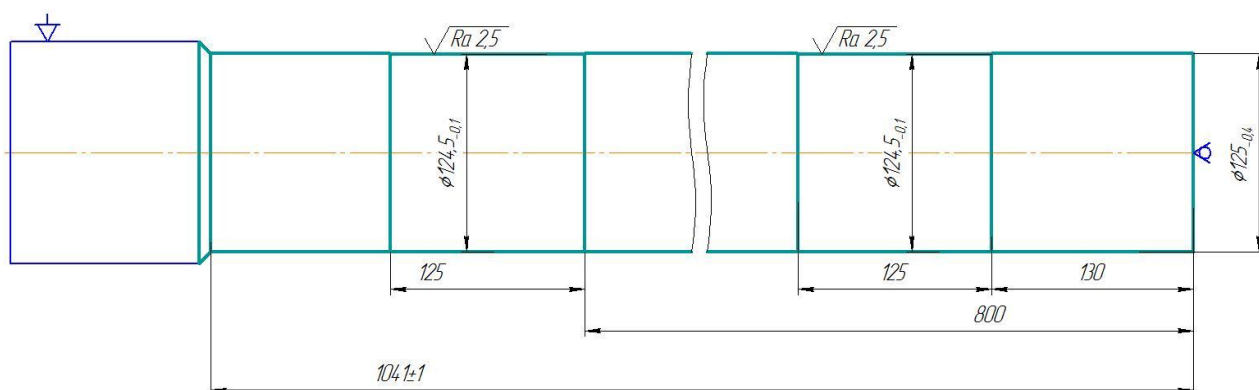


Рисунок 2 Схема установки для 015 операции

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

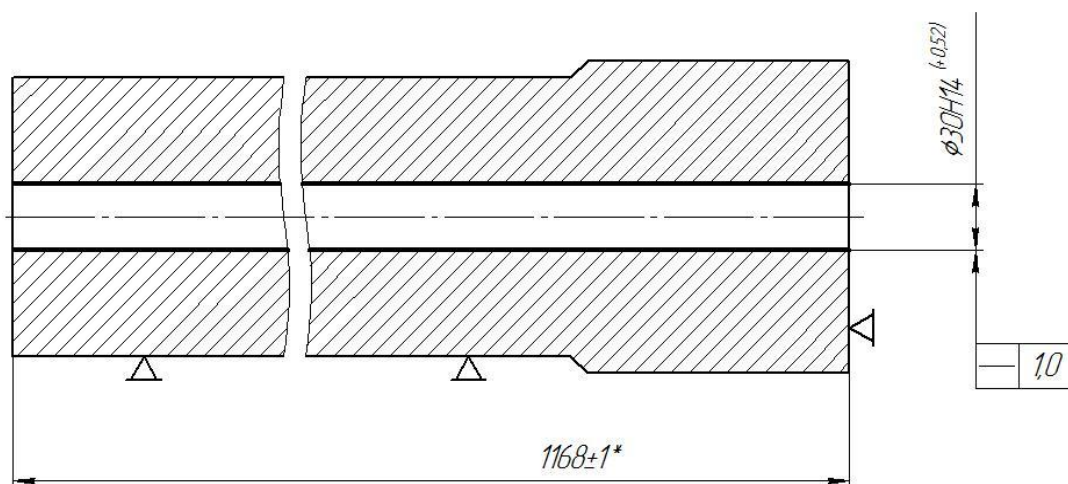


Рисунок 3 Схема установки для 025 операции

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

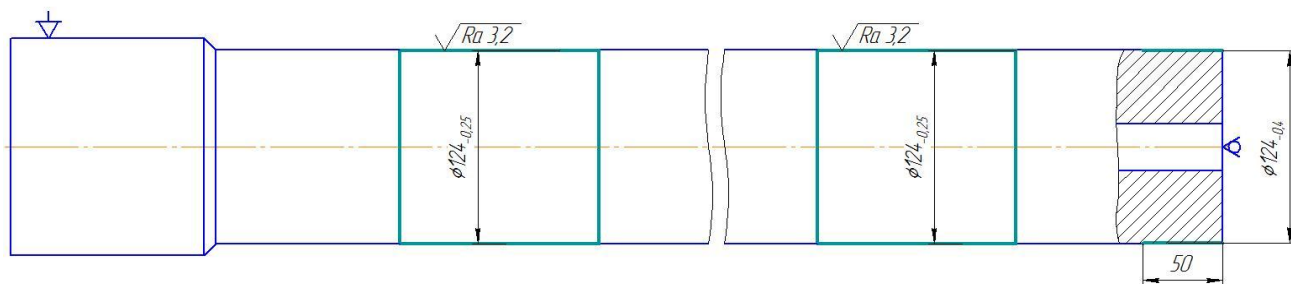


Рисунок 4 Схема установки для 032 операции

$\sqrt{Ra\ 2,5\ (\checkmark)}$

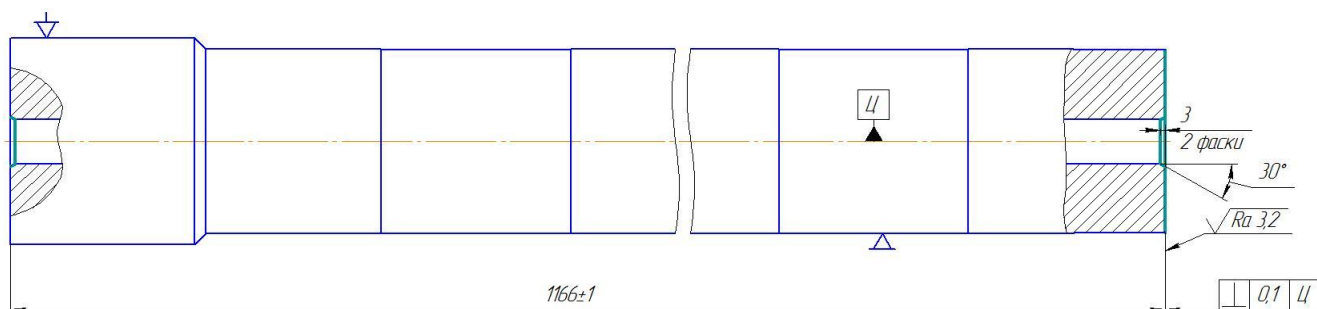


Рисунок 5 Схема установки для 035 операции

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

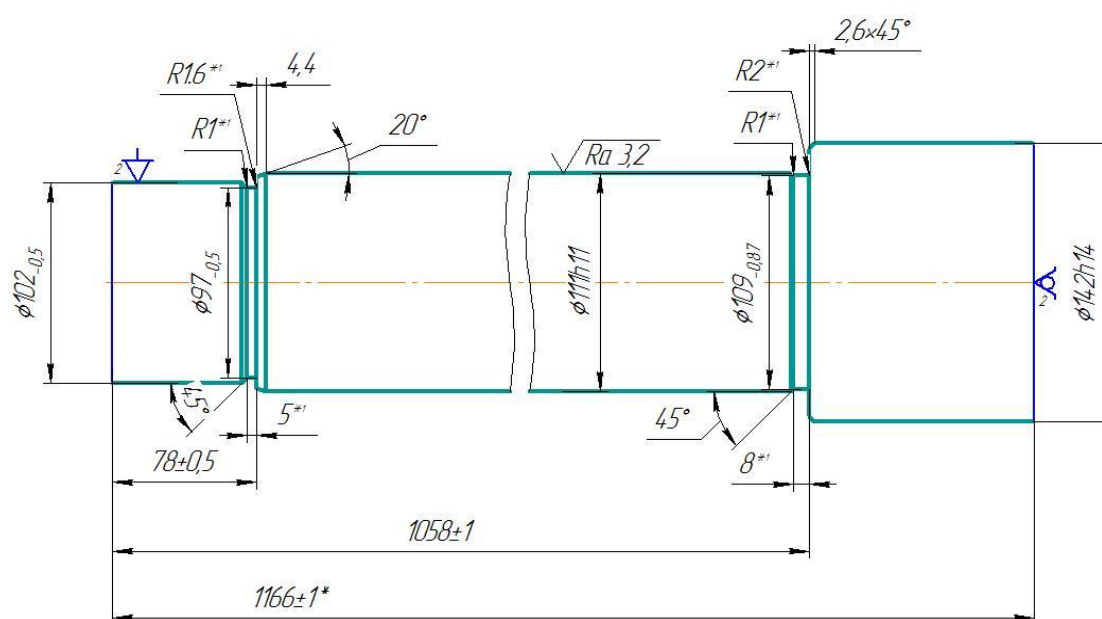


Рисунок 6 Схема установки для 040 операции

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\sqrt{I})}$

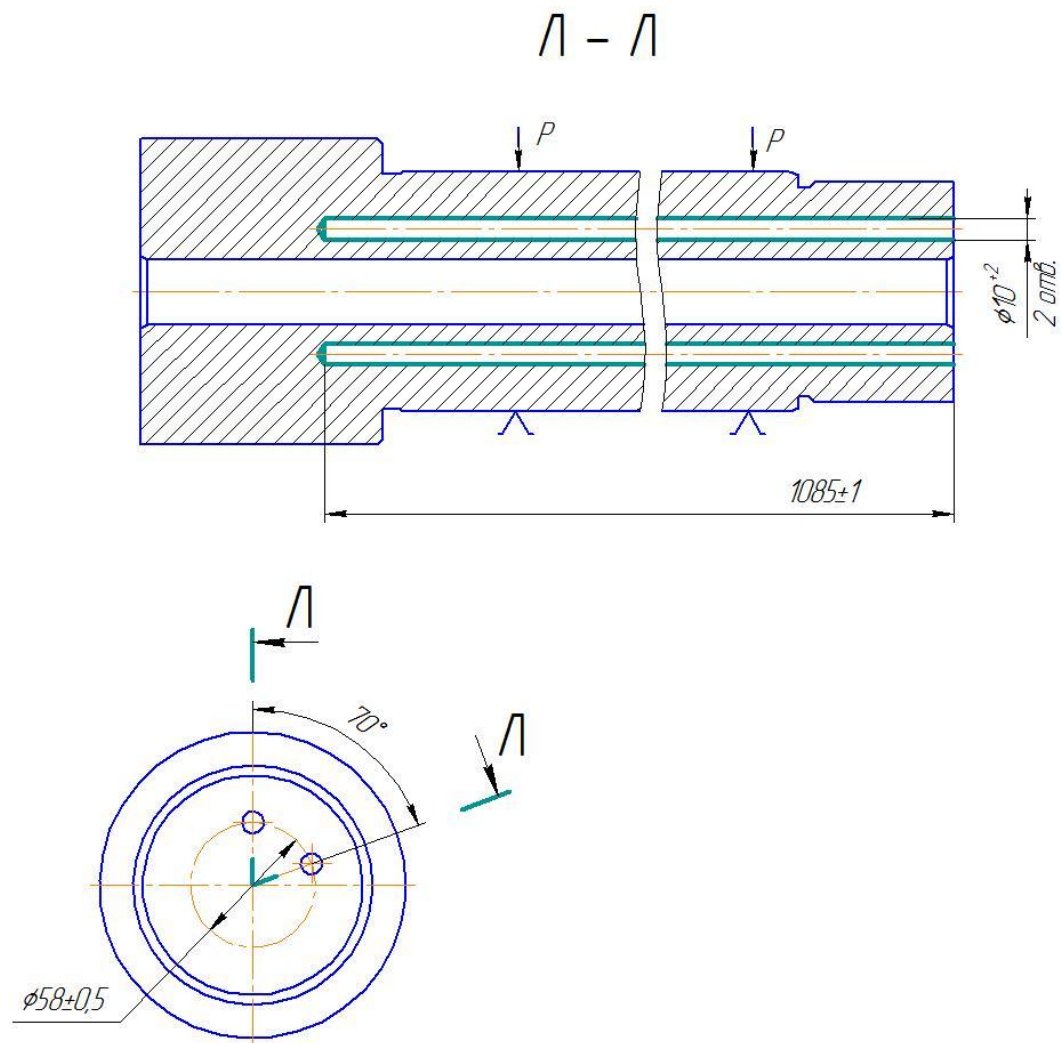


Рисунок 7 Схема установки для 045 операции

✓ Ra 12,5 (✓)

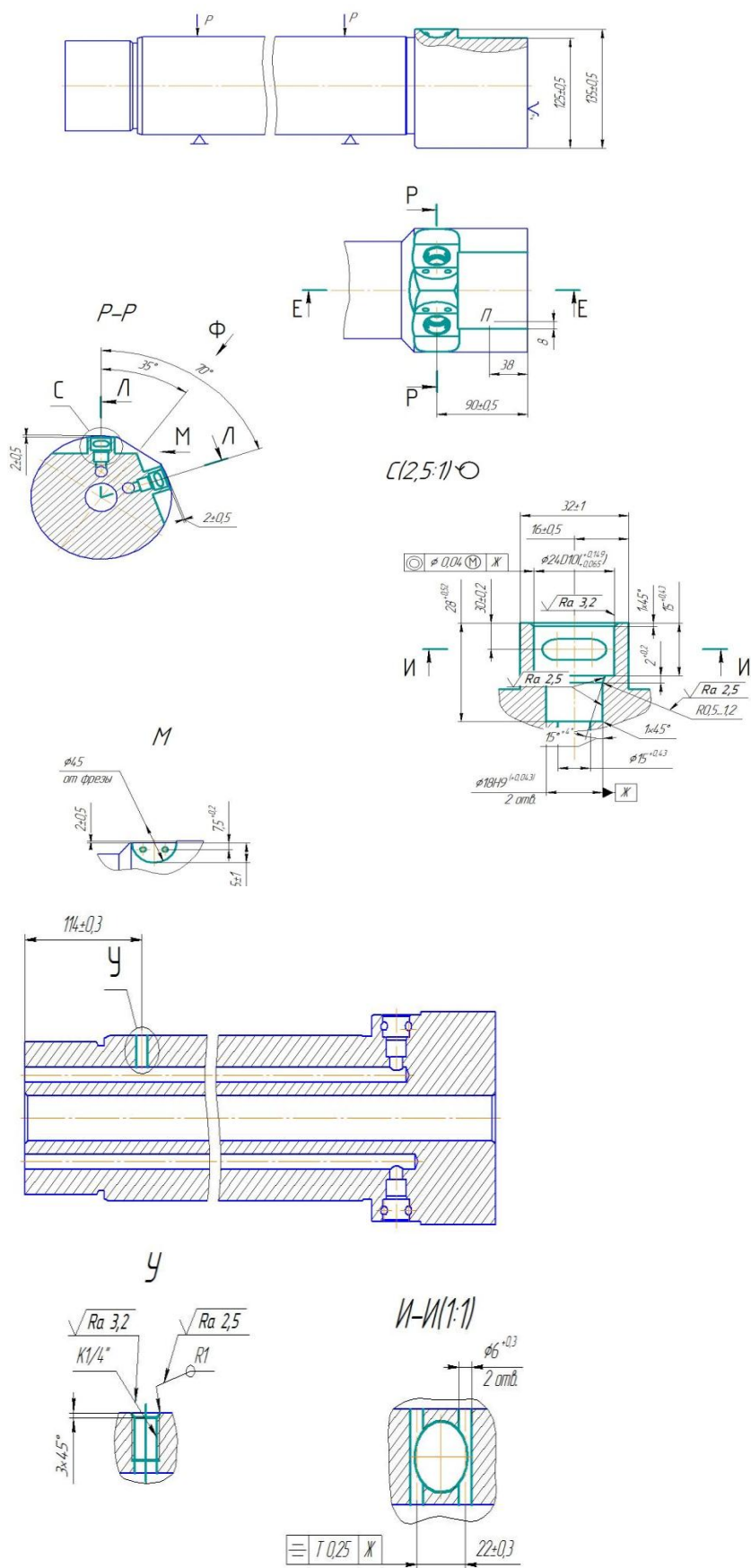


Рисунок 8 Схема установки для 065 операции

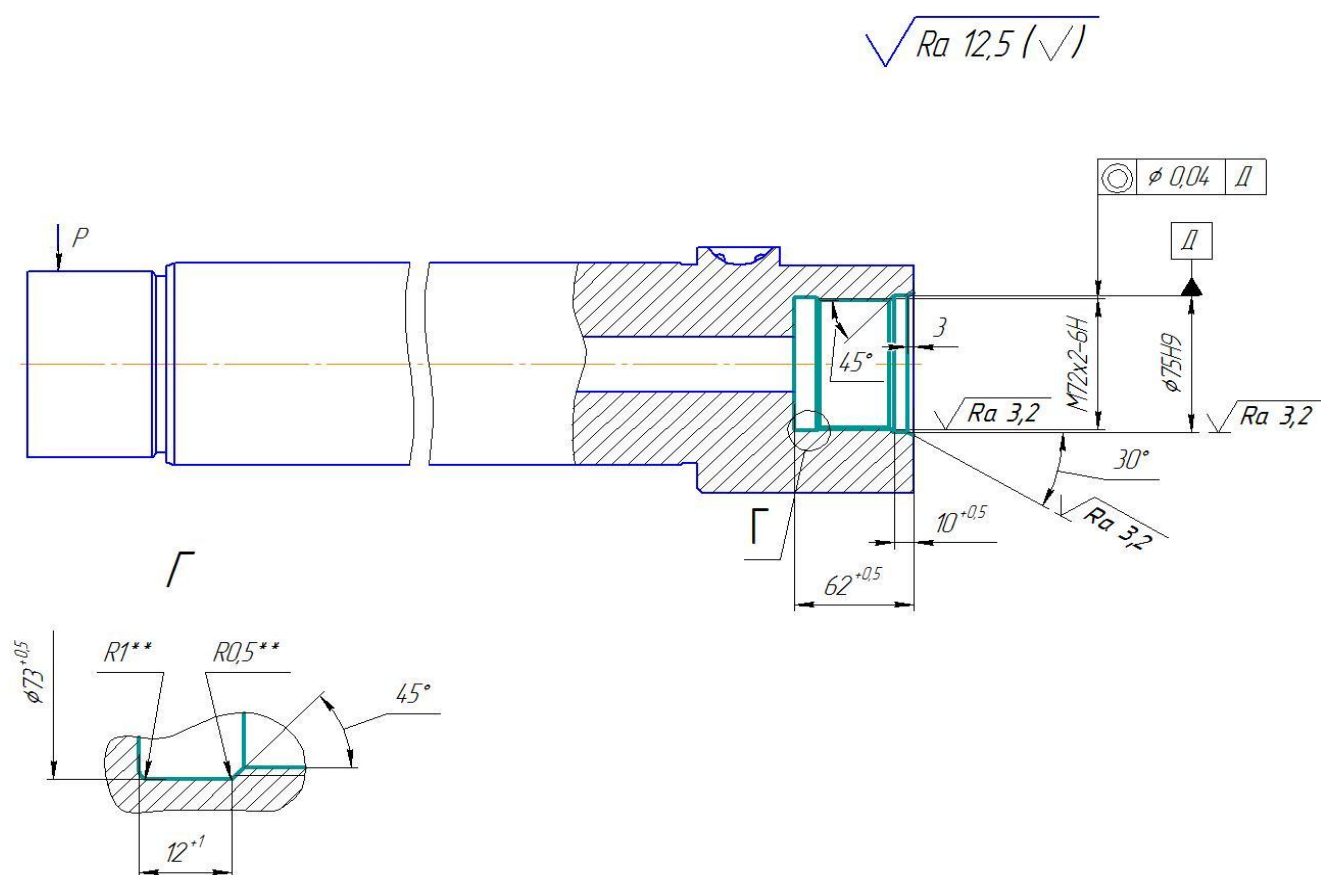


Рисунок 9 Схема установки для 080 операции

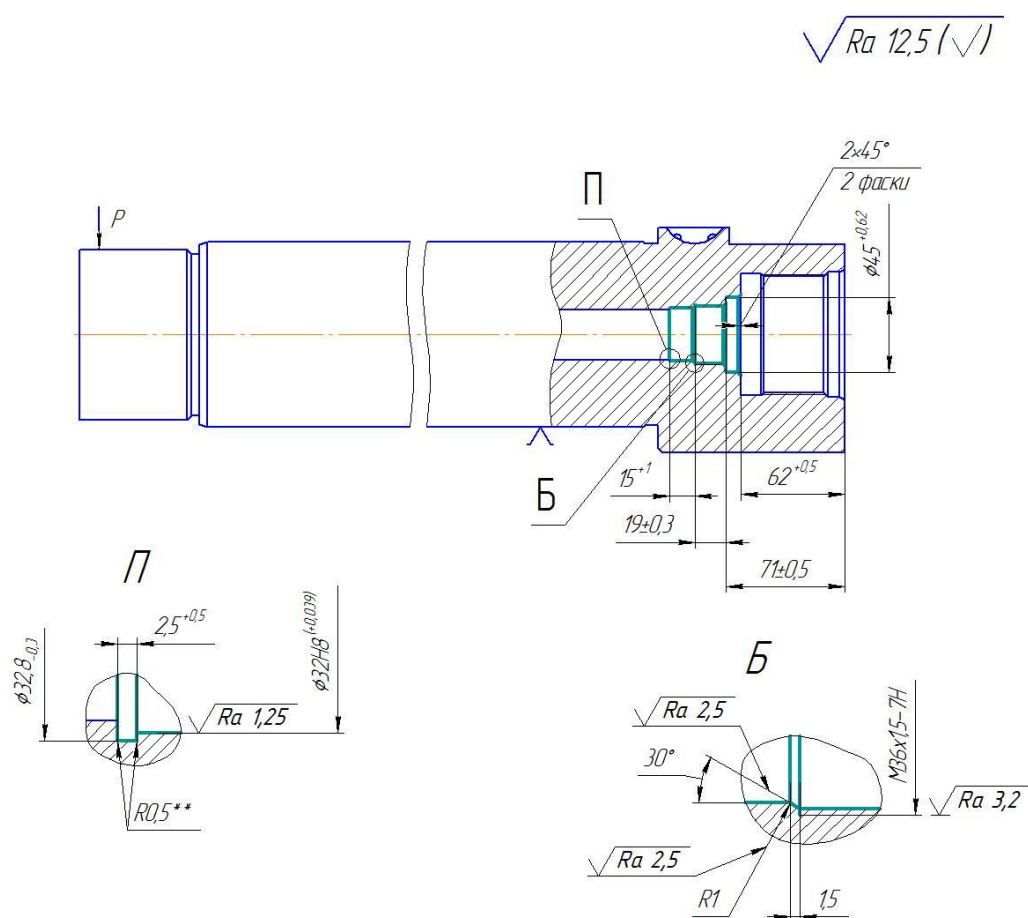


Рисунок 10 Схема установки для 085 операции

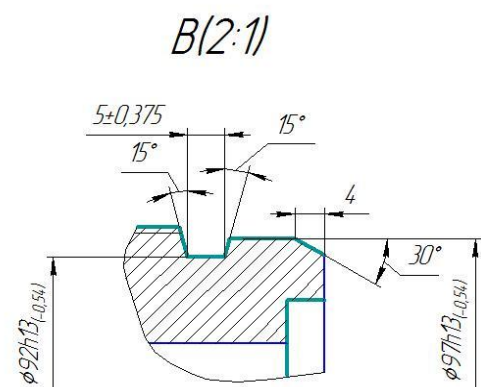
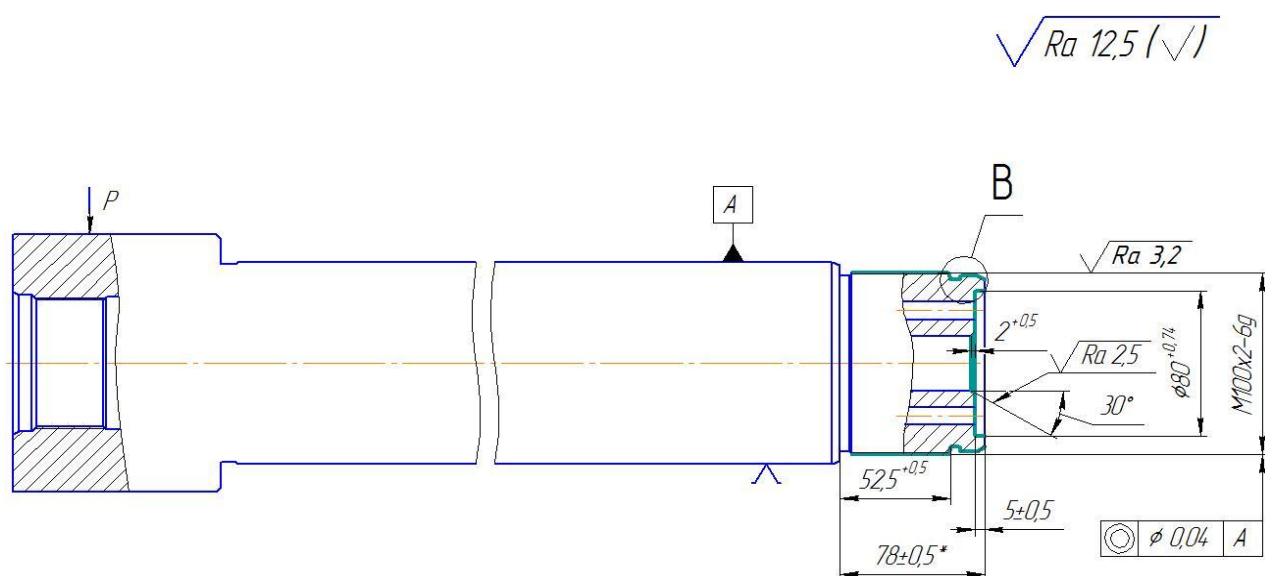


Рисунок 11 Схема установки для 090 операции

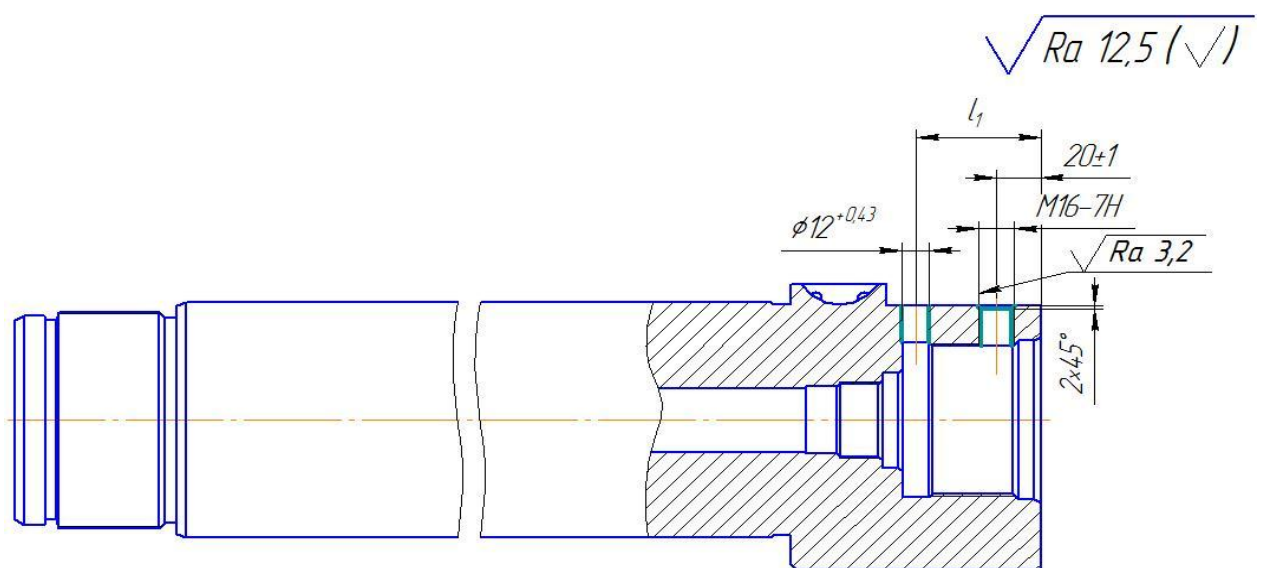


Рисунок 12 Схема установки для 095 операции

Анализ базового технологического процесса:

- технологический процесс дифференцирован, т.е. рассчитан на отдельные операции;
- станки применяются разнообразные: универсальные, с ЧПУ, полуавтоматы;
- применяются универсальные и специальные приспособления;
- применяется как стандартный, так и специальный режущий инструмент;
- измерительный инструмент: штангенциркули, нутромеры, штангенглубиномеры – универсальные средства; применяются также и специальные инструменты – пробки и калибры.

Исходя из вышеизложенного, делаем вывод, что разработанный ТП соответствует единичному типу производства. Для среднесерийного типа производства необходимо оборудование, имеющее высокую производительность и точность (станки с ЧПУ, полуавтоматы), а также технологическая оснастка должна быть специализирована.

1.1.4 Отработка конструкции изделия на технологичность

Технологичность конструкции деталей оценивается качественно и количественно по ГОСТ 14.201-83 и ГОСТ 14.202-83:

- рациональным выбором исходных заготовок и материалов;
- простотой формы детали;
- рациональной простановкой размеров;
- назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали оценивается с точки зрения возможности применения простых инструментов, методов обработки и измерения, удобства и надежности базирования детали для обработки.

1.1.4.1 Анализ чертежа детали

Чертеж содержит необходимое количество видов детали, а также разрезы и выносные элементы. Размеры на чертеже полностью определяют геометрическую форму и пространственное положение обрабатываемых поверхностей. Деталь не содержит замкнутых размерных цепей. Шероховатость, точность и допуски пространственных отклонений поверхностей назначены в соответствии с их эксплуатационным назначением. Технические требования на чертеже полностью обоснованы.

1.1.4.2 Качественная оценка технологичности

В качестве заготовки принят прокат. Этот вид заготовки является оптимальным для единичного или мелкосерийного производства.

Конструкция детали допускает обработку плоскостей на проход.

Конструкция детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям.

Материал детали позволяет не ограничивать режимы резания.

В конструкции детали имеются базовые поверхности, достаточные по размерам для надежного базирования детали.

Ступенчатые отверстия позволяют вести их обработку комбинированным инструментом.

Нетехнологичным является наличие глубоких отверстий, что не обеспечивает их жесткость. В связи с этим при обработке этих отверстий необходимо уменьшать режимы резания и применять специальный инструмент. Также длина самой детали вызывает необходимость применять люнеты или другое оборудование для обеспечения жесткости детали.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что с позиции качественной оценки данная деталь технологична.

1.1.4.3 Количественная оценка технологичности

Для определения количественной оценки технологичности детали используют несколько коэффициентов.

Коэффициент использования материала, который находится по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_z} \geq 0,7, \quad (1.2)$$

где m_d – масса детали, кг;

m_z – масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{79,0}{163,0} = 0,48.$$

По этому показателю деталь не технологична.

Коэффициент точности обработки определяется по формуле [32]:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} \geq 0,8, \quad (1.3)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности [6].

$$A_{ср} = \frac{n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i}, \quad (1.4)$$

где n_i – число поверхностей детали точностью соответственно от 1 по 19-му квалитетам.

$$A_{ср} = \frac{3 \cdot 6 + 1 \cdot 8 + 3 \cdot 9 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot 13 + 18 \cdot 14 + 24 \cdot 18}{52} = 14,87.$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{14,87} = 0,93.$$

По этому показателю деталь является технологичной.

Коэффициент шероховатости поверхности [6]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} \leq 0,32, \quad (1.5)$$

где $B_{ср}$ – средняя шероховатость поверхности по R_a , мкм.

$$B_{cp} = \frac{0,01 \cdot n_1 + 0,02 \cdot n_2 + \dots + 80 \cdot n_{14}}{\sum_{i=1}^{14} n_i}, \quad (1.6)$$

где $n_1; n_2; \dots; n_{14}$ – количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую данному числовому значению параметра R_a .

$$B_{cp} = \frac{0,25 \cdot 1 + 1,25 \cdot 1 + 2,5 \cdot 4 + 3,2 \cdot 8 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 25}{40} = 8,90, \text{ мкм.}$$

$$K_{ш} = \frac{1}{8,90} = 0,11.$$

По этому показателю деталь также является технологичной.

Как показал анализ качественной и количественной оценки детали на технологичность – деталь является технологичной.

1.1.5 Выбор заготовки и метода её получения

Себестоимость изготовления детали определяется суммой затрат на исходную заготовку и её механическую обработку, поэтому в конечном счёте важно обеспечить снижение всей суммы, а не одной её составляющих. Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, серийностью производства, а также экономичностью изготовления.

Исходя из конструкции детали, серийности производства, заготовку для рассматриваемой детали можно получать из проката, ковкой и штамповкой. Заготовки из проката целесообразно применять при единичном и мелкосерийном производстве. С другой стороны, отпадает необходимость в изготовлении заготовок, т.к. можно приобрести прокат нужного диаметра. При изготовлении заготовок методомковки получаются большие припуски и напуски, чем при изготовлении штамповкой. Уменьшить напуски можно только путем применения дополнительного оборудования. Производим технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: метод проката и методом штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).

Произведём сравнение вариантов выбора заготовки на основе экономического расчёта по формуле технологической себестоимости детали [12]:

$$S_T = \frac{m_{дет}}{K_{им}} \cdot [C_{заг} + C_c \cdot (1 - K_{им})], \quad (1.7)$$

где $K_{им}$ – проектный коэффициент использования материала заготовки;

$C_{заг} = 33,94$ руб/кг – стоимость 1 кг материала заготовки, руб/кг;

$C_c = 4,78$ руб/кг – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению.

1.1.5.1 Расчет заготовки, получаемой прокатным способом

Расчет заготовки производим в соответствии с [17].

$$D_0 = d_{\max} + 2 \cdot P_{\text{общ}}, \quad (1.8)$$

где $d_{\max}$ – максимальный диаметр детали, мм;

$P_{\text{общ}}$ – общий припуск на диаметр, мм.

$$D_0 = 140 + 2 \cdot 3,8 = 147,6 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_0 = 150^{+0,6}_{-2,0}$ мм.

Длина штучной заготовки определяется по формуле:

$$L_0 = L_{\text{д}} + 2 \cdot P_{\text{общ}}, \quad (1.9)$$

где $L_{\text{д}}$ – длина детали, мм.

$$L_0 = 1166 + 2 \cdot 4,8 = 1175,6 \text{ мм.}$$

Принимаем $L_0 = 1176^{+0,3}$ мм.

По рассчитанным размерам конструируем заготовку и рассчитываем ее массу, используя графическую программу «КОМПАС-3D V13 Plus».

Масса заготовки: $m_3 = 162,51$ кг.

1.1.5.2 Расчет заготовки, получаемой штамповкой на ГKM

В данном случае не всю заготовку будем получать штамповкой. Возьмем прокат и штамповкой на ГKM получим утолщение с одной стороны стержня. Найдем необходимый диаметр проката по формуле (4.2).

$$d_0 = 110 + 2 \cdot 3,8 = 117,6 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_0 = 120^{+0,6}_{-2,0}$ мм.

Дальнейший расчет заготовки производим по ГОСТ 7505-89 [18].

Массу поковки определяем по формуле:

$$m_{\text{пок}} = m_{\text{дет}} \cdot K_p, \quad (1.10)$$

где $K_p = 1,5$ – расчетный коэффициент, определяемый по таблице 20 [18].

$$M_{\text{пок}} = 79 \cdot 1,5 = 118,5 \text{ кг.}$$

Класс сложности назначаем по таблице 19 [18].

Исходя из химического состава стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71, устанавливаем группу стали М1 по таблице [18].

Степень сложности поковки назначаем по приложению 2. Число переходов соответствует степени сложности С1.

Конфигурация поверхности разъема штампа – П таблица 1 [18].

На основе полученных данных определяем исходный индекс – 15 таблица 2 [18].

Определяем основные припуски на размер по таблице 3 [18], мм:

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение поверхности разъема штампа – 0,6 мм таблица 4 [18];

изогнутость и отклонения от прямолинейности и плоскостности – 0,4 мм

Штамповочные уклоны назначаем по таблице 18 [18]:

на наружной поверхности – не более 5° , принимаем 5° ,

на внутренней поверхности – не более 7° , принимаем 7° .

Таблица 1.4 – Основные припуски

Величина, мм	Припуск, мм	дополнительный припуск, мм	Отклонение от прямолинейности, мм	Размер поковки, мм
140	2,0	0,6	0,4	$146^{+2,4}_{-1,2}$
65	2,3			$62^{+2,1}_{-1,1}$
108	2,0			$114^{+2,4}_{-1,2}$

Радиус закругления наружных углов принимаем 4,0 мм таблица 7 [18].

Допустимая величина остаточного облоя – 1,8 мм таблица 10 [18].

Допустимое отклонение от плоскостности – 3,2 мм таблица 13 [18].

Допустимое смещение поверхности разъема штампа – 1,8 мм таблица 9 [18].

Допустимая величина высоты заусенца – 9,0 мм таблица 11 [18].

По рассчитанным размерам конструируем заготовку и рассчитываем ее массу, используя графическую программу «КОМПАС-3D V13 Plus».

Масса заготовки: $m_3 = 107,89$ кг.

1.1.5.3 Определение коэффициента использования материала и себестоимости для двух вариантов получения заготовки

Расчет будем производить по формулам (1.2) и (1.3). Полученные результаты сведены в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Сравнение методов получения заготовок

Наименование величины	Прокат	Штамповка
Масса детали, кг	79	79
Масса заготовки, кг	162,51	107,89
Ким	0,49	0,73
Стоимость заготовки, руб.	5864,99	3812,63

Сравнение двух вариантов изготовления детали показывает, что наиболее экономичен второй вариант, т.е. штамповка на ГКМ.

Примерную экономическую прибыль определяем по формуле:

$$\Xi = (S_T^I - S_T^{II}) \cdot N, \quad (1.11)$$

где $N = 1000$ – годовая программа выпуска, шт.

$$\Xi = (5864,99 - 3812,63) \cdot 1000 = 2052360 \text{ руб.}$$

Окончательно принимаем заготовку, получаемую полученную штамповкой на ГКМ.

1.1.6 Составление технологического маршрута обработки

Таблица 1.6 – Технологический маршрут обработки детали

№ операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
005	Фрезерно-центровальная Установить и закрепить деталь; Фрезеровать торцы в размер 1168 ± 1 , выдерживая размер 112 ± 1 ; Центровать отверстие А6,3.	Фрезерно-центровальный полуавтомат модели МР-75
010	Токарная Установить и закрепить деталь; Точить поверхность $\phi 116h12$, выдерживая размеры 60 ± 1 , 80 ± 1 , 120 ± 1 и 950 ± 1 ; Точить поверхность $\phi 115h9$, выдерживая размеры 80 ± 1 , 120 ± 1 и 950 ± 1 .	Полуавтомат токарный патронно-центральной с ЧПУ модели 1740РФ3
015	Сверлильная Установить и закрепить деталь; Сверлить отверстие $\phi 30H14$ на проход.	Горизонтально-сверлильный станок глубокого сверления модели УТВ1600
020	Токарная Установить и закрепить деталь; Подрезать торец в размер $1167 \pm 0,5$; Точить поверхность $\phi 140h14$ на длину 115; Расточить отверстие $\phi 40H14$ на глубину $71 \pm 0,5$; Расточить отверстие $\phi 68H14$ на глубину $62^{+0,5}$; Расточить отверстие $\phi 72H14$ на глубину $10^{+0,5}$; Расточить отверстие $\phi 74,5H12$ на глубину $10^{+0,5}$; Расточить отверстие $\phi 69,5H12$, выдерживая размер $62^{+0,5}$; Расточить отверстие $\phi 45H14$, выдерживая размер $71 \pm 0,5$; Расточить отверстие $\phi 34H12$, выдерживая размер $19 \pm 0,3$; Расточить отверстие $\phi 31,5H12$, выдерживая размер 15^{+1} ; Расточить фаску 3, выдерживая угол 30° ; Расточить отверстие $\phi 75H9$ на глубину $10^{+0,5}$; Расточить фаску $2 \times 45^\circ$; Расточить отверстие $\phi 69,9^{+0,3}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$; Расточить отверстие $\phi 34,43^{+0,22}$, выдерживая размер $19 \pm 0,3$; Расточить фаску 1,5, выдерживая угол 30° ; Расточить отверстие $\phi 32H8$, выдерживая размер 15^{+1} ; Расточить канавку $2,5^{+0,5}$ до $\phi 32,8_{-0,3}$, выдерживая размер 105^{+1} ; Расточить канавку $12^{+0,43}$ до $\phi 73^{+0,5}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$; Расточить канавку 4 до $\phi 36,5H14$, выдерживая размер $90 \pm 0,3$; Нарезать резьбу $M72 \times 2 - 6H$; Нарезать резьбу $M36 \times 1,5 - 6H$.	Полуавтомат токарный патронно-центральной с ЧПУ модели 1740РФ3

Продолжение таблицы 1.6

№ операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
	Расточить отверстие $\varnothing 31,5H12$, выдерживая размер 15^{+1}; Расточить фаску 3, выдерживая угол 30°; Расточить отверстие $\varnothing 75H9$ на глубину $10^{+0,5}$; Расточить фаску $2 \times 45^\circ$; Расточить отверстие $\varnothing 69,9^{+0,3}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$; Расточить отверстие $\varnothing 34,43^{+0,22}$, выдерживая размер $19 \pm 0,3$; Расточить фаску 1,5, выдерживая угол 30°; Расточить отверстие $\varnothing 32H8$, выдерживая размер 15^{+1}; Расточить канавку $2,5^{+0,5}$ до $\varnothing 32,8_{-0,3}$, выдерживая размер 105^{+1}; Расточить канавку $12^{+0,43}$ до $\varnothing 73^{+0,5}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$; Расточить канавку 4 до $\varnothing 36,5H14$, выдерживая размер $90 \pm 0,3$; Нарезать резьбу $M72 \times 2 - 6H$; Нарезать резьбу $M36 \times 1,5 - 6H$.	
025	Токарная Установ А Установить деталь на люнет и закрепить; Подрезать торец в размер $1066 \pm 0,5$; Расточить фаску 2, выдерживая угол 30°; Установ Б Убрать люнет, поджать центром; Точить поверхность $\varnothing 115h14$ на длину 1058_{-1}; Точить поверхность $\varnothing 100h12$ на длину 78_{-1}; Точить фаску 4, выдерживая угол 30°; Точить поверхность $\varnothing 97h13$ на длину $18,5^{+0,5}$; Точить поверхность $\varnothing 99,8_{-0,13}$, выдерживая размер 78_{-1}; Точить фаску 4,5, выдерживая угол 20°; Точить поверхность $\varnothing 111h12$, выдерживая размер 1058_{-1}; Точить фаску $1,6 \times 45^\circ$; Точить канавку $5 \pm 0,375$ до $\varnothing 92h13$, выдерживая размер $18,5^{+0,5}$; Точить канавку 5 до $\varnothing 97_{-0,5}$, выдерживая размер $78 \pm 0,5$; Точить канавку 12 до $\varnothing 109_{-0,87}$, выдерживая размер 1058 ± 1; Нарезать резьбу $M100 \times 2 - 6g$.	Полуавтомат токарный патронно- центральной с ЧПУ модели 1740РФ3
030	Сверлильная Установить и закрепить деталь; Сверлить 2 отверстия $\varnothing 10^{+2}$ на глубину 1085 ± 1.	Горизонтально- сверлильный станок глубокого сверления модели УТВ1600
035	Термическая обработка ТВЧ $2,0 \dots 5,4$ $50 \dots 56$ HRC _э .	

Продолжение таблицы 1.6

№ операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
040	Токарная Установ А Установить деталь на люнет и закрепить; Расточить отверстие $\varnothing 80^{+0,74}$ на глубину $5 \pm 0,5$; Расточить фаску $2^{+0,5}$, выдерживая угол 30°; Установ Б Убрать люнет, поджать центром; Точить поверхность $\varnothing 110,4h10$ на длину 1058 ± 1	Полуавтомат токарный патронно- центральной с ЧПУ модели 1740РФ3
045	Фрезерно-сверлильная Установить и закрепить деталь; Позиция 1 Повернуть деталь на 35°; Фрезеровать поверхность в размер $135 \pm 0,5$; Фрезеровать поверхность в размер $125 \pm 0,5$ на длину $68 \pm 0,5$; Позиция 2 Повернуть деталь на 55° Фрезеровать поверхность в размер $22,5 \pm 1$; Центровать 2 отверстия; Сверлить 2 отверстия $\varnothing 6^{+0,3}$ на глубину 38 ± 1; Позиция 3 Повернуть деталь на 110°; Фрезеровать поверхность в размер $22,5 \pm 1$; Центровать 2 отверстия; Сверлить 2 отверстия $\varnothing 6^{+0,6}$ на глубину 38 ± 1; Позиция 4 Повернуть деталь на 20°; Фрезеровать плоскость в размеры $2 \pm 0,5$ и $67,5$; Центровать 2 отверстия; Сверлить отверстие $\varnothing 15H14$ на глубину $39 \pm 0,5$; Зенкеровать отверстие $\varnothing 17,8H11$ и $\varnothing 23,8H11$ на глубину $28^{+0,52}$; Развернуть отверстия $\varnothing 17,95H10$ и $\varnothing 23,95H10$ на глубину $28^{+0,52}$; Развернуть отверстие $\varnothing 18H$ и $\varnothing 24D10$ на глубину $28^{+0,52}$; Сверлить отверстие $\varnothing 10^{+0,5}$ на глубину 26 ± 1, выдерживая размер $114 \pm 0,3$; Позиция 5 Повернуть деталь на 70°; Фрезеровать плоскость в размеры $2 \pm 0,5$ и $67,5$; Центровать отверстие; Сверлить отверстие $\varnothing 15H14$ на глубину $39 \pm 0,5$; Зенкеровать отверстие $\varnothing 17,8H11$ и $\varnothing 23,8H11$ на глубину $28^{+0,52}$; Развернуть отверстия $\varnothing 17,95H10$ и $\varnothing 23,95H10$ на глубину $28^{+0,52}$; Развернуть отверстие $\varnothing 18H$ и $\varnothing 24D10$ на глубину $28^{+0,52}$.	Модуль вертикально- фрезерный с крестовым столом модели 65A90ПМФ4

Продолжение таблицы 1.6

№ операции	Наименование и содержание операции	Оборудование
050	Шлифовальная Установить и закрепить деталь; Шлифовать поверхность $\varnothing 110_{-0,196}^{-0,223}$.	Круглошлифовальный станок модели 3А164
055	Слесарная	Участок
060	Моечная	
065	Шлифовальная Установить и закрепить деталь; Полировать поверхность $\varnothing 110_{-0,196}^{-0,223}$.	Круглошлифовальный станок модели 3А164
070	Контроль Проверить размеры и требования согласно чертежу и ТП.	Плита контрольная
075	Покрытие Получение покрытия Х мол. 24	
080	Шлифовальная Установить и закрепить деталь; Полировать $\varnothing 110$ после предварительного покрытия.	Круглошлифовальный станок модели 3А164
085	Покрытие Получения покрытия Х 24 тв.	
090	Шлифовальная Установить и закрепить деталь; Полировать $\varnothing 110f9$.	Круглошлифовальный станок модели 3А164
095	Контроль Проверить деталь согласно чертежу и ТП.	Плита контрольная

1.1.7 Выбор технологических баз

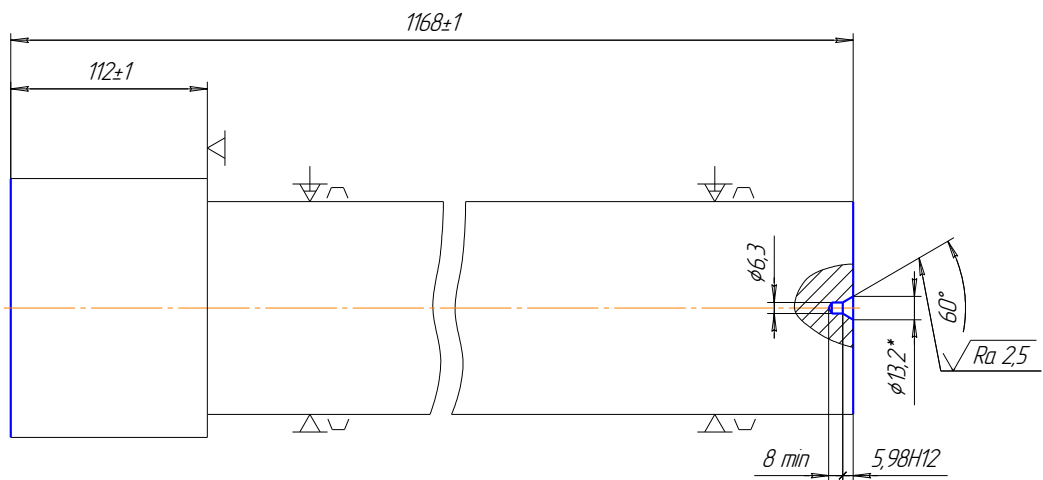
Выбор баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе обработки, выбор режущего и мерительного инструмента, станочных приспособлений и режимов резания.

В качестве технологических баз при обработке штока используются следующие поверхности.

Операция 005 Фрезерно-центровальная

Заготовка базируется в самоцентрирующихся призмах с упором в торец. Схема базирования операции 005 представлена на рисунке 13. Погрешность базирования на линейные размеры: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



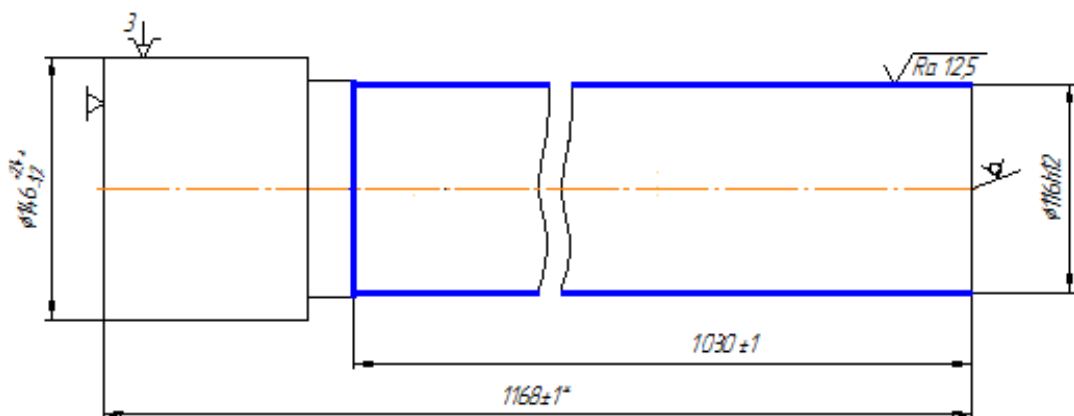
*Размер для справок.

Рисунок 13 Операция 005 Фрезерно-центровальная

Операция 010 Токарная

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне с поджатием центром. Схема базирования операции 010 представлена на рисунке 14. Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$



*Размеры для справок

Рисунок 14 Операция 010 Токарная

Операция 015 Сверлильная

Заготовка базируется в специальном приспособлении с упором в торец. Погрешность базирования: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

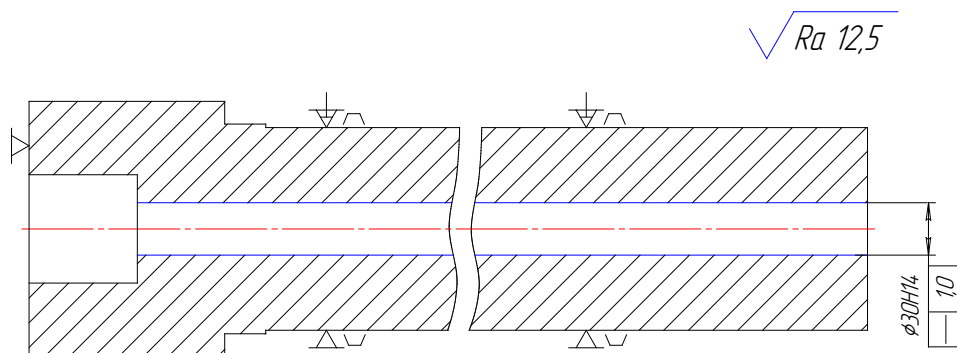


Рисунок 15 Операция 015 Сверлильная

Операция 020 Токарная

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на люнете. Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

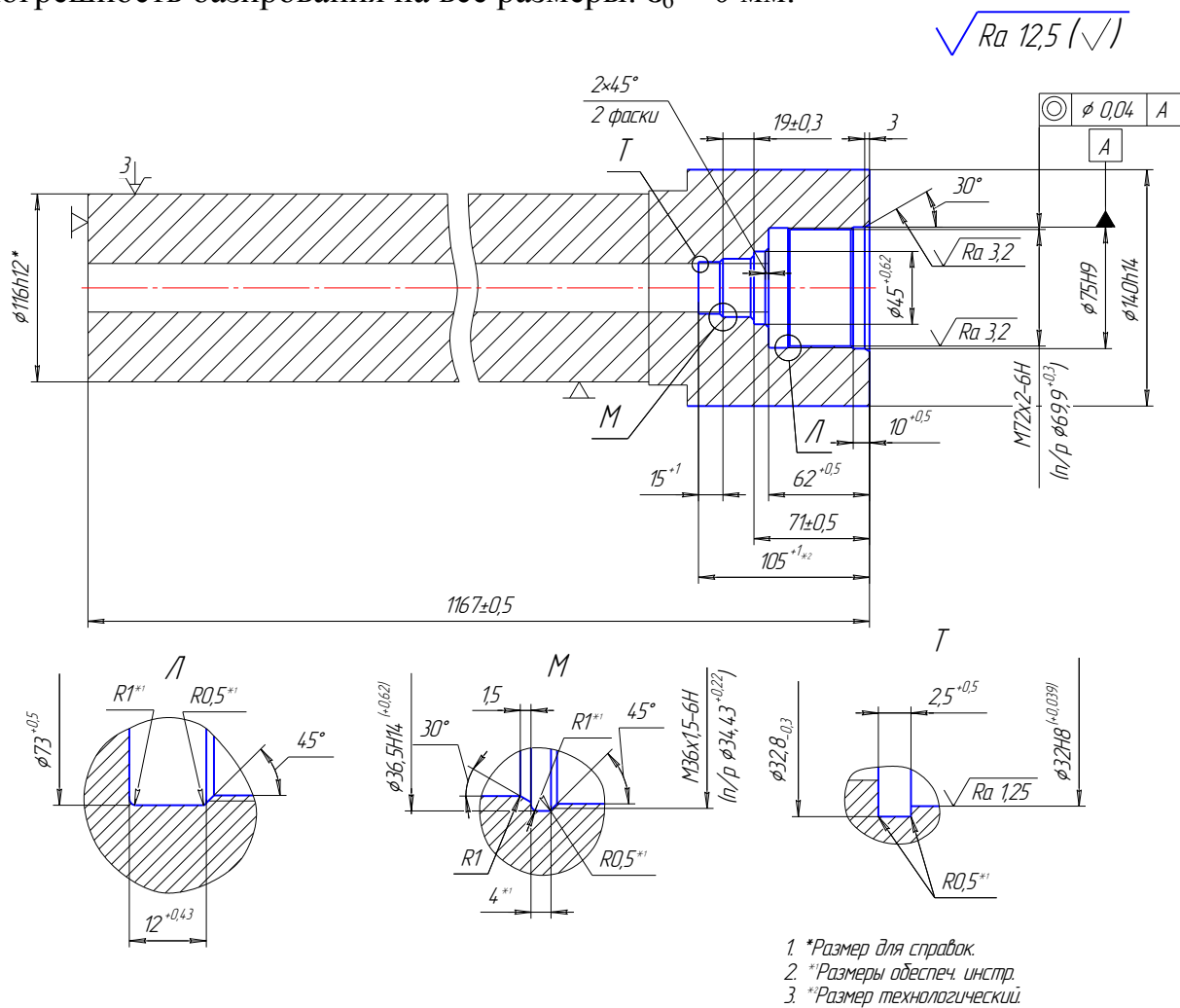


Рисунок 16 Операция 020 Токарная

Операция 025 Токарная

Установ А

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на люнете.
Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_{\delta} = 0$ мм.

Установ Б

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне с поджатием центром.
Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_{\delta} = 0$ мм.

Установ А

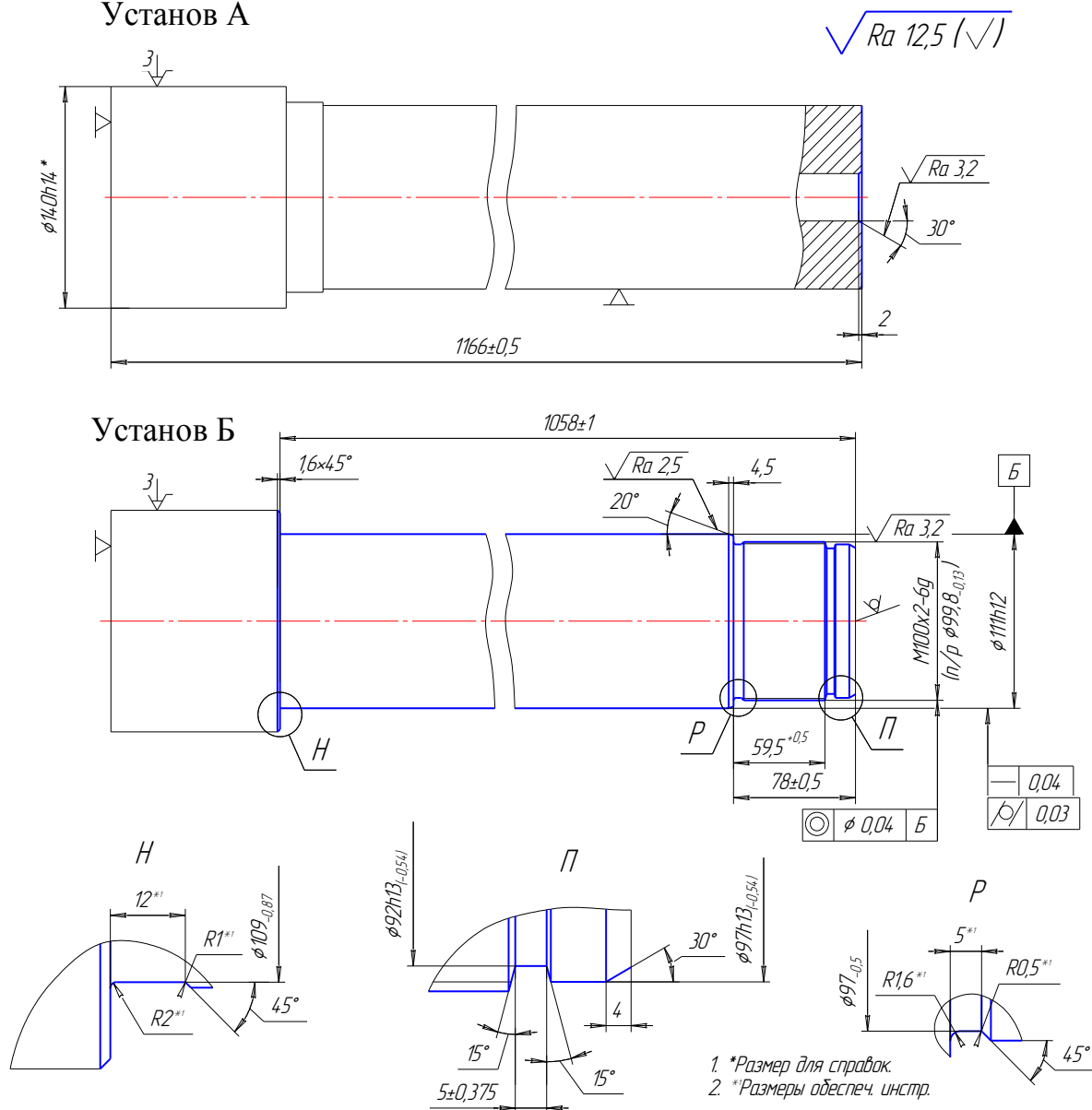


Рисунок 17 Операция 025 Токарная

Операция 030 Сверлильная

Заготовка базируется в специальном приспособлении. Погрешность базирования:

$$\varepsilon_{\phi 58 \pm 0.5} = \frac{\delta_D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0.350}{2 \cdot \sin 45^\circ} = 0.25 \text{ мм.} \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{\phi 70^\circ} = \arctg \frac{\delta_D \cdot \cos \beta}{2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0.350 \cdot \cos 70^\circ}{2 \cdot 58 \cdot \sin 45^\circ} = 0.08^\circ. \quad (1.13)$$

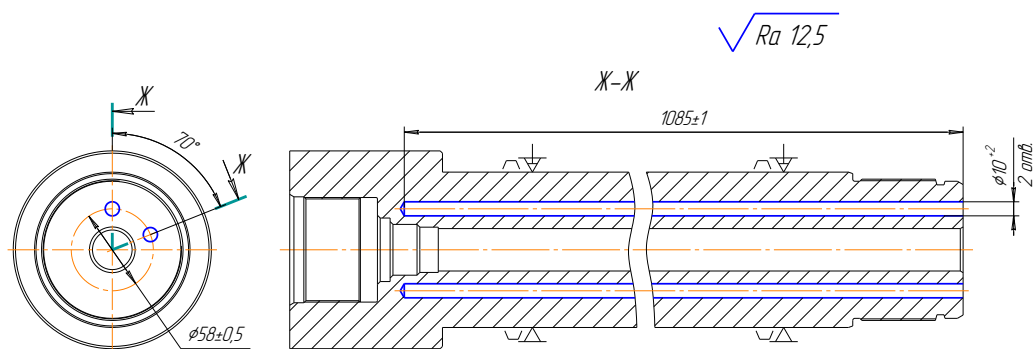


Рисунок 18 Операция 030 Сверильная

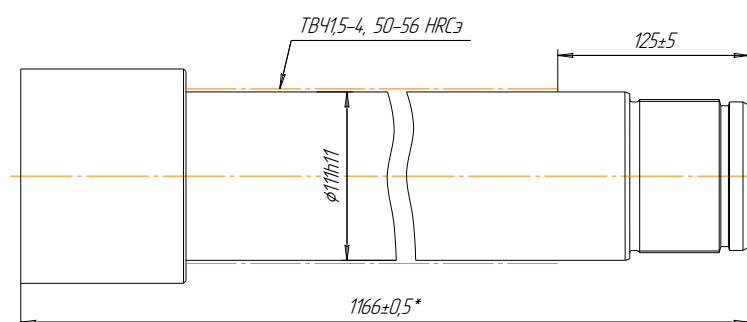


Рисунок 19 Операция 035 Термическая обработка

Операция 040 Токарная

Установ А

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на люнете. Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

Установ Б

Заготовка базируется в трехкулачковом патроне с поджатием центром. Погрешность базирования на все размеры: $\varepsilon_6 = 0$ мм.

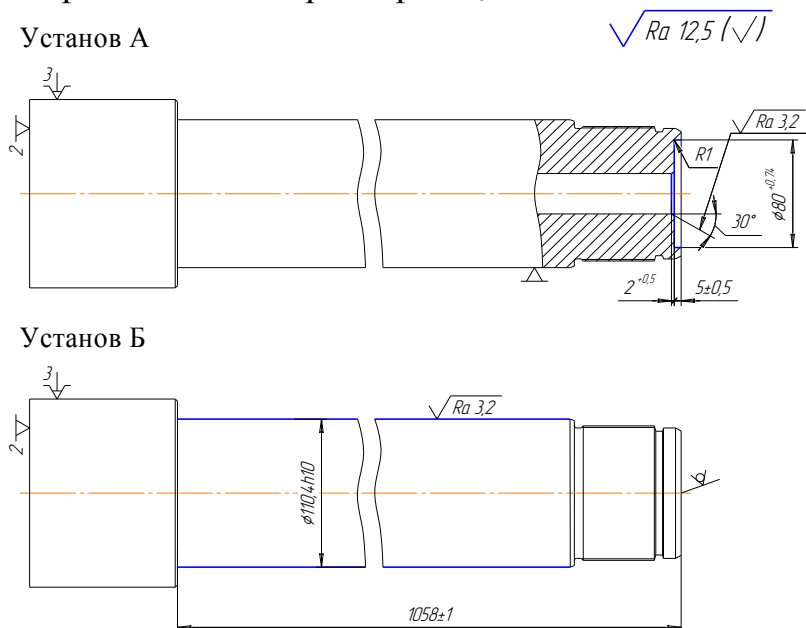
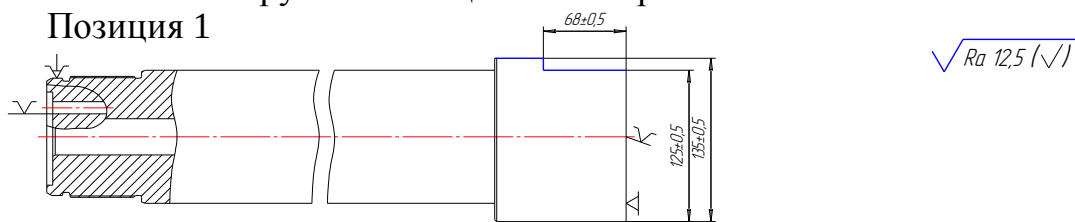


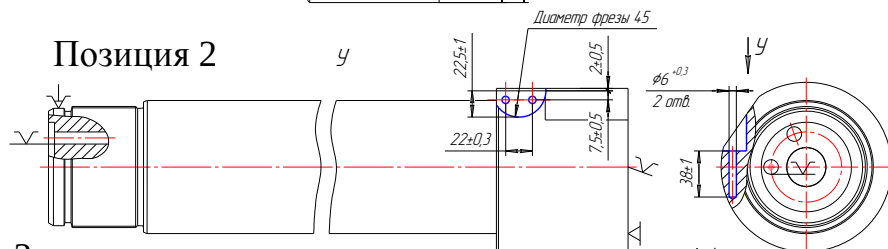
Рисунок 20 Операция 040 Токарная

Операция 045 Фрезерно-сверлильная
Заготовка базируется в специальном приспособлении.

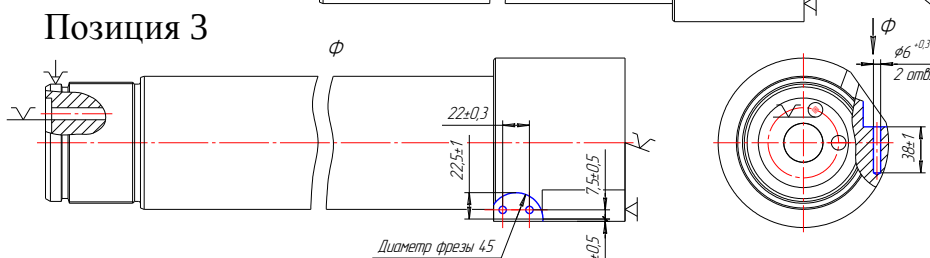
Позиция 1



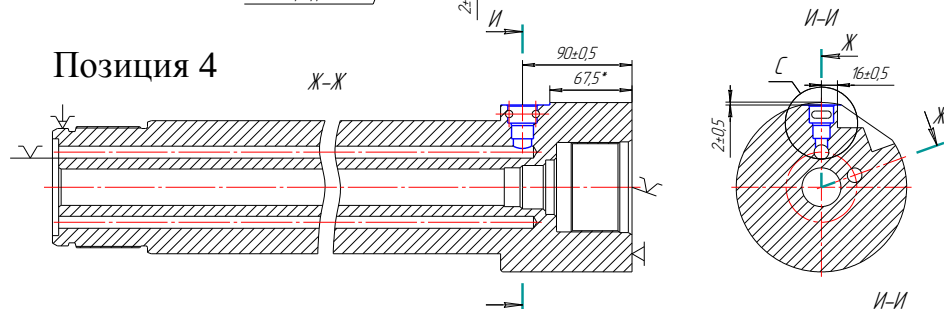
Позиция 2



Позиция 3



Позиция 4



Позиция 5

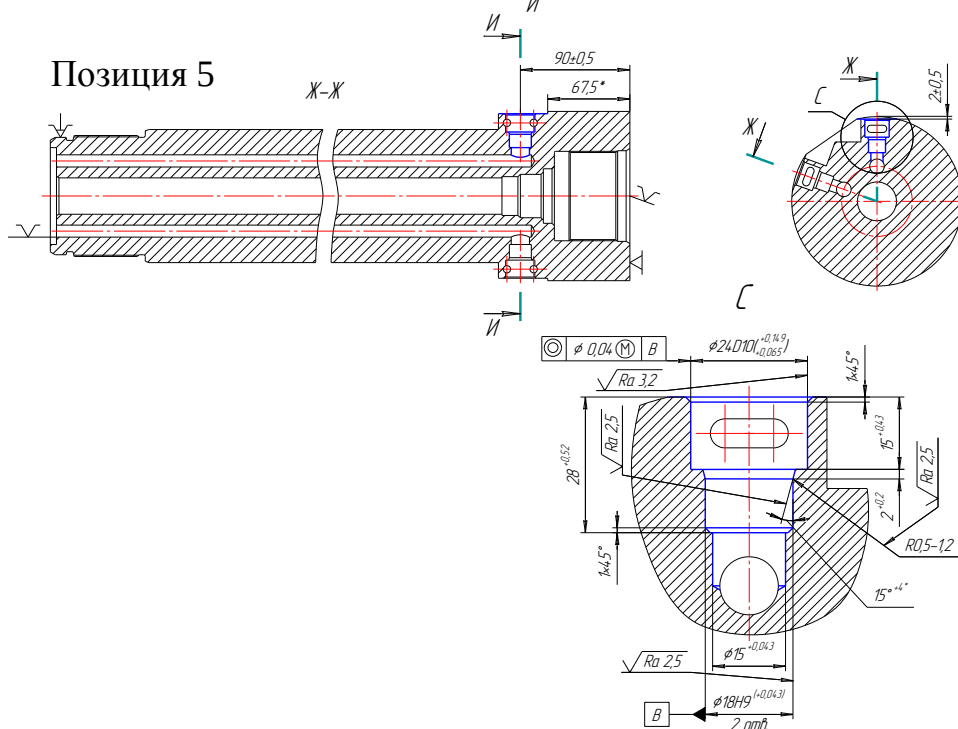


Рисунок 21 Операция 045 Фрезерно-сверлильная

Операция 050 Шлифовальная
Заготовка базируется в центрах.

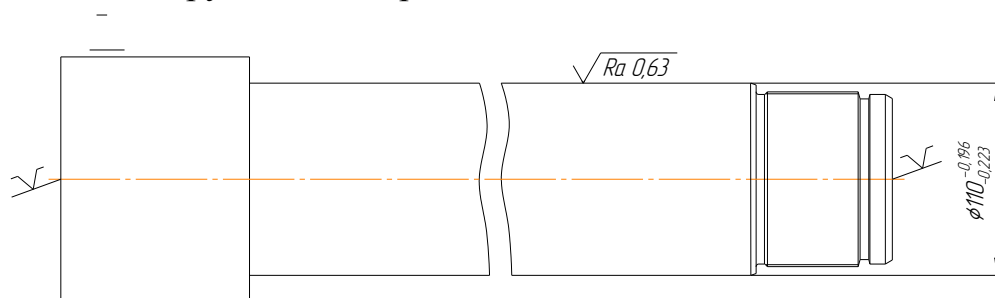


Рисунок 22 Операция 050 Шлифовальная

Операция 065 Токарная
Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на центр.

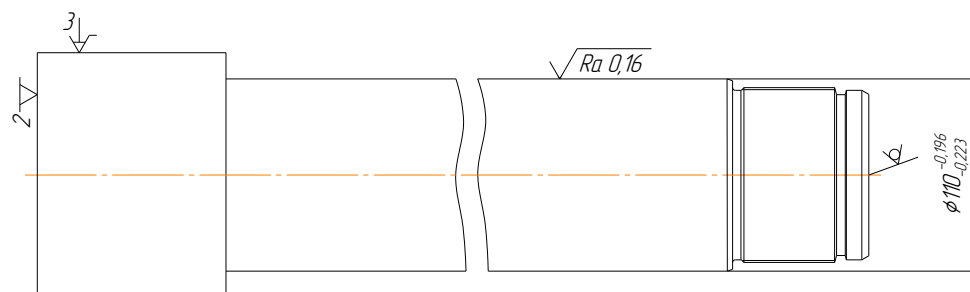


Рисунок 23 Операция 065 Токарная

Операция 080 Токарная
Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на центр.

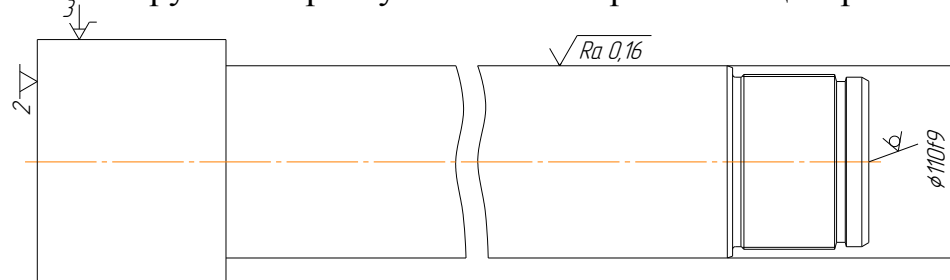


Рисунок 24 Операция 080 Токарная

Операция 090 Токарная
Заготовка базируется в трехкулачковом патроне и на центр.

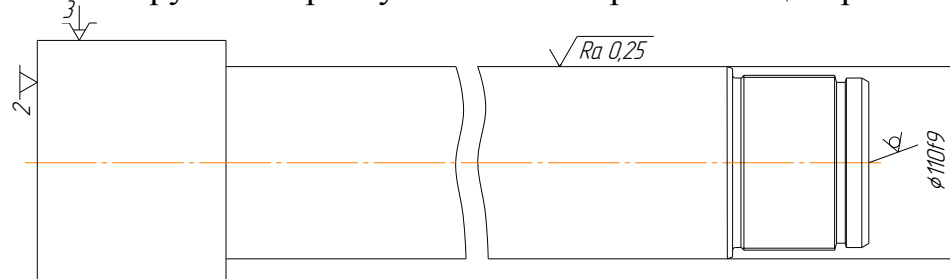


Рисунок 25 Операция 090 Токарная

1.1.8 Выбор средств технологического оснащения

1.1.8.1 Выбор оборудования

Фрезерно-центровальный полуавтомат модели МР-75

Станок предназначен для обработки разнообразных деталей сложного профиля из стали, чугуна, труднообрабатываемых цветных металлов, главным образом торцовыми и концевыми фрезами, сверлами в среднесерийном и мелкосерийном производстве.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Наименьший и наибольший диаметр изделия, мм	25 – 125
Наименьшая и наибольшая длина изделия, мм	500 – 2250
Фрезерные головки: Число скоростей шпинделя Частота вращения шпинделя, об/мин Наибольший общий ход головки, мм Подача, мм/мин Количество тисков для крепления заготовки, шт	6 125 – 712 228 20 – 400 2
Сверлильные головки: Число скоростей шпинделя Частота вращения шпинделя, об/мин Продолжительность холостых ходов, мин	6 238 – 1125 0,3
Мощность электродвигателей, кВт: Фрезерных головок Сверлильных головок Гидропривода Насоса для охлаждающей жидкости	7 или 10 1,7 или 2,8 4,5 0,125
Габариты полуавтомата, мм: Длина Ширина Высота	4440 1450 1720
Вес полуавтомата, кг	6600

Полуавтомат токарный патронно-центральной с ЧПУ модели 1740РФЗ

Предназначен для высокопроизводительной обработки корпусных деталей из конструкционных материалов от лёгких сплавов до высокопрочных сталей.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Наибольший диаметр изделия, мм: Обрабатываемого над станиной Обрабатываемого над суппортом	630 400
Наибольшая длина изделия, мм	2000

Продолжение таблицы 1.8

Параметр	Значение
Наибольший диаметр сверления, мм	40
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	72
Расстояние от основания до оси центров, мм	1160
Сечение устанавливаемых резцов, мм	32 × 32;
Частота вращения шпинделя, об/мин	16 – 1600;
Наибольшее перемещение суппорта, мм: В продольном направлении В поперечном направлении	2026 385;
Наибольшее перемещение пиноли задней бабки, мм	200
Рабочая подача суппорта, мм/мин: В продольном направлении В поперечном направлении	0,01 – 10000; 0,01 – 10000;
Дискретность перемещения суппорта, мм: В продольном направлении В поперечном направлении	0,001 0,001
Габариты полуавтомата без выносного оборудования, мм: Длина Ширина Высота	5370 5320 4380
Вес полуавтомата, кг	24000

Горизонтально-сверлильный станок глубокого сверления модели УТВ 1600. Предназначен для обработки деталей имеющих отверстия глубина которых значительно превышает диаметр. Выполняет операции сверления, зенкерования, развёртывания, нарезания резьбы метчиками, фрезерования.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Рабочие перемещения, мм: X – поперечное перемещение Y – вертикальное перемещение Z – ось сверления W – перемещение стола	1200 1000 1600 800
Габаритные размеры стола, мм	1800 × 1400
Поворот стола, град.	± 360
Нагрузка на стол, кг	10000
Частота вращения шпинделя, об/мин	0 – 4000
Размеры используемого сверла, мм	6 – 40
Масса, кг	8000

Модуль вертикально-фрезерный с крестовым столом модели 65A90ПМФ4.

Станок предназначен для обработки разнообразных деталей сложного профиля из стали, чугуна, труднообрабатываемых цветных металлов, главным образом торцовыми и концевыми фрезами, сверлами в среднесерийном и мелкосерийном производстве.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Длина рабочей поверхности стола, мм	1600
Ширина стола, мм	1000
Наибольшее перемещение, мм:	
По оси X	1590
По оси Y	990
По оси Z	690
Частота вращения шпинделя, об/мин	5 – 2000
Мощность электродвигателя, кВт	20
Габаритные размеры станка, мм:	
Длина	5370
Ширина	5320
Высота	4380
Вес станка, кг	24000

Круглошлифовальный станок модели 3A164. Предназначен для шлифования наружных поверхностей торцевых, цилиндрических и конических деталей. Технические характеристики станка представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Наибольший диаметр изделия, мм	360
Наибольшая длина изделия, мм	2000
Наибольшая длина шлифования, мм	1800
Высота центров над столом, мм	210
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	1800
Скорость перемещения стола, м/мин	0,1 – 5
Наибольший угол поворота стола, град.:	
По часовой стрелке	2
Против часовой стрелки	4
Конус отверстия шпинделя	Морзе №6
Частота вращения шпинделя, об/мин	30, 40, 60, 90, 120, 180

Продолжение таблицы 1.11

Конус отверстия пиноли задней бабки	Морзе №6
Перемещение пиноли, мм	65
Размеры шлифовального круга, мм	750×75×305
Наименьший диаметр круга, мм	50
Наибольшая скорость шлифовального круга, м/с	35
Габаритные размеры станка, мм: Длина Ширина Высота	6040 2550 1585
Вес станка, кг	10000

Токарно-винторезный станок модели 1К62Д. Предназначен для высокопроизводительной обработки деталей, типа тела вращения, из конструкционных материалов от лёгких сплавов до высокопрочных сталей.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: Над станиной Над суппортом	400 220
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1400
Высота резца, мм	25
Диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	50
Центр в пиноли задней бабки	Морзе №5
Количество скоростей шпинделя: Прямого вращения Обратного вращения	22 12
Частота вращения шпинделя, об/мин: I ряд II ряд	12,5 – 1600 16 – 2000
Количество подач перемещений	24
Подача, мм/об: Продольная Поперечная	0,05 – 2,8 0,025 – 1,4
Количество нарезаемых резьб: Метрических Модульных Дюймовых Питчевых	30 30 26 26

Продолжение таблицы 1.12

Шаг нарезаемых резьб: Метрических, мм Модульных, модуль Дюймовых, число витков на дюйм Питчевых, питч	0,5 – 112 0,5 – 112 56 – 0,5 56 – 0,5
Скорость быстрого перемещения суппорта, м/мин: Продольного Поперечного	3,8 1,9
Габаритные размеры станка, мм: Длина Ширина Высота	3195 1565 1500
Масса станка, кг	3445

1.1.9 Выбор средств технологического оснащения

Таблица 1.13 – Средства технологического оснащения

Номер операции	Оснастка	Количество
1	2	3
005	Приспособление специальное ФЮРА.А11178.014 Фреза 200 Т5К10 ГОСТ 5493-70 Сверло центровочное Оправка для фрезы Кран-укосина – 0,5 т Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85 Тара 505-190	1 2 2 1 1 1 1
010	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80 Центр А-1-6-Н ГОСТ 8742-75. Резец 2101-0955 ГОСТ 20872-80 – 2 шт Скоба 116h12 Скоба 115h9	1 1 2 1 1
015	Приспособление специальное ФЮРА.А11178.015 Сверло специальное ФЮРА.А11178.005 СБ Пробка ø30Н14	1 1 1
020	Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80 Люнет Резец 2101-0955 ГОСТ 20872-80 Резец токарный расточной Резец токарный канавочный В = 2,5 мм Резец токарный канавочный В = 4 мм Резец токарный резьбонарезной Скоба 140h14 Пробка ø75Н9 Пробка ø45Н14 Пробка ø32Н8 Палибр соосности резьбовой ФЮРА.А11178.006 СБ	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Продолжение таблицы 1.13

1	2	3
065	Патрон трехкулачковый	1
	Центр А-1-6-Н ГОСТ 8742-75	1
	Приспособление полировальное специальное	1
	ФЮРА.А11178.004 СБ	
	Скоба 110 ^{-0,196} _{-0,223}	1
080, 090	Патрон трехкулачковый	1
	Центр А-1-6-Н ГОСТ 8742-75	1
	Приспособление полировальное специальное	
	ФЮРА.А11178.004 СБ	1
	Скоба 110f9	1

1.1.10 Расчёт припусков на механическую обработку

Расчёт припусков производится по аналитическому методу. Данный метод основан на определении минимального припуска, который определяется по формуле.

Для односторонней обработки.

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (1.14)$$

Для двухсторонней обработки.

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (1.15)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, получаемая на предшествующем технологическом переходе;

Δ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение, получаемое на предшествующем технологическом переходе;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Для удобства расчета данным методом предусмотрено заполнение специальной таблицы 1.15.

Последовательность заполнения таблицы:

- заполняем первый столбец таблицы, в котором указываем технологические переходы в принятой последовательности;
- для каждого перехода находим значения каждой составляющей формулы;
- по формулам (1.6) или (1.7) находим $Z_{\min}$ для всех переходов;
- для конечного перехода записываем наименьший предельный размер по чертежу;
- для предшествующих переходов определяем расчетный размер, прибавляя к нему $Z_{\min}$;
- записываем минимальные предельные размеры по всем переходам, округляя их увеличением до знака допуска;
- определяем максимальные предельные размеры, прибавляя допуск на соответствующий размер;

- определяем $Z_{\max}$ как разность максимальных размеров, $Z_{\min}$ как разность минимальных размеров;
- определяем общий максимальный и минимальный припуск;
- проверяем правильность расчета по правилу: разница допусков должна быть равна разнице припусков.

Рассчитаем припуск на обработку поверхности $\varnothing 110f9$ (таблица 1.14).

Таблица 1.14 – Припуск на поверхность $\varnothing 110f9$

Поверхность детали	Чистота поверхности, квалитет	Допуск на размер, мкм	Элементы припуска, мкм	
			Rz	h
Прокат	-	1400	160	200
Точение черновое	12	350	63	60
Точение чистовое	10	140	30	30
Шлифование	9	87	10	20

Суммарные отклонения определяем по формуле.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2}, \quad (1.16)$$

где Δ_k – общее отклонение оси от прямолинейности определяется по формуле 1.17;

$\Delta_{\text{ц}}$ – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования определяется по формуле 1.18.

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot L, \quad (1.17)$$

где $\Delta_k = 0,5$ мкм – кривизна профиля сортового проката;

$L = 583$ мм – длина участка, который имеет максимальное отклонение от прямолинейности.

$$\Delta_{\Sigma k} = 0,5 \cdot 583 = 292 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \cdot Td, \quad (1.18)$$

где $Td = 1400$ мм – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центрировании.

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \cdot 1400 = 350 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{292^2 + 350^2} = 456 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина пространственного отклонения после предварительной обработки определяется по формуле.

$$\Delta_i = K_y \cdot \Delta_{i-1}, \quad (1.19)$$

где K_y – коэффициент уточнения формы.

$K_{y1} = 0,06$ – для точения чернового;

$K_{y2} = 0,04$ – для точения чистового;

$K_{y3} = 0,02$ – для шлифования.

$$\Delta_1 = K_{y1} \cdot \Delta_3 = 0,06 \cdot 456 = 2 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_2 = K_{y2} \cdot \Delta_1 = 0,04 \cdot 28 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = K_{y3} \cdot \Delta_2 = 0,02 \cdot 1 = 0 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки $\varepsilon = 0$ мкм.

Далее производится расчёт минимальных значений межоперационных припусков по формуле (4.7).

Минимальный припуск под точение черновое.

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{456^2 + 0^2}) = 1632 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под точение чистовое.

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (63 + 60 + \sqrt{28^2 + 0^2}) = 302 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (30 + 30 + \sqrt{1^2 + 0^2}) = 122 \text{ мкм.}$$

Графа «расчётный размер» (d_p) заполняется, начиная с конечного, в данном случае чертёжного размера, последовательным прибавлением расчётного минимального припуска каждого технологического перехода.

$d_p = 109,877$ мм – для шлифования;

$d_p = 109,877 + 0,122 = 109,999$ мм – для чистового точения;

$d_p = 109,999 + 0,302 = 110,301$ мм – для чернового точения;

$d_p = 110,301 + 1,632 = 111,933$ мм – для заготовки.

Округляем рассчитанные максимальные размеры до знака допуска Td и заносим в таблицу 1.15.

Таблица 1.15 – Припуски на механическую обработку

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск на изготовление Td , мкм	Принятые размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2 \cdot Z_{\min}$	$2 \cdot Z_{\max}$
Диаметр 110f9($^{+0,036}_{-0,123}$)											
Прокат	160	200	456	–	–	111,933	1400	111,9	113,3	–	–
Точение черновое	63	60	28	0	1632	110,301	350	110,31	110,66	1590	2640
Точение чистовое	30	30	1	0	302	109,999	140	110,0	110,14	310	520
Шлифование	10	20	–	0	122	109,877	87	109,877	109,964	123	176
Проверка расчета: $Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} = 1400 - 87 = 2 \cdot Z_{0 \max} - 2 \cdot Z_{0 \min} = 2640 - 1590$.											

Определяем максимальный предельный размер суммой минимального размера и допуска Td :

$d_{\max} = 109,877 + 0,087 = 109,964$ мм – для шлифования;

$d_{\max} = 110,0 + 0,14 = 110,14$ мм – для чистового точения;

$d_{\max} = 110,31 + 0,35 = 110,66$ мм – для чернового точения;

$d_{\max} = 111,9 + 1,4 = 113,3$ – для заготовки.

Полученные предельные припуски:

$2 \cdot Z_{\min} = 110,0 - 109,877 = 0,123$ мм – для шлифования;

$2 \cdot Z_{\min} = 110,31 - 110,0 = 0,31$ мм – для чистового точения;

$2 \cdot Z_{\min} = 111,9 - 110,31 = 1,59$ мм – для чернового точения.

$2 \cdot Z_{\max} = 110,14 - 109,964 = 0,176$ мм – для шлифования;

$2 \cdot Z_{\max} = 110,66 - 110,14 = 0,52$ мм – для чистового точения;

$2 \cdot Z_{\max} = 113,3 - 110,66 = 2,64$ мм – для чернового точения.

Расчёт общих припусков:

$Z_{o \max} = 2640 + 520 + 176 = 3336$ мкм – общий максимальный припуск;

$Z_{o \min} = 1590 + 310 + 123 = 2023$ мкм – общий минимальный припуск.

Проверка правильности расчётов проводится по формуле.

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}}. \quad (1.20)$$

$$3336 - 2023 = 1400 - 87,$$

$$1313 = 1313.$$

Следовательно, расчёт припусков произведён верно.

1.1.11 Расчёт режимов резания

Операция 005 Фрезерно-центровальная.

Переход 1.

Фрезеровать торцы в размер 1168 ± 1 мм, выдерживая размер 112 ± 1 мм.

Расчет ведем по рекомендациям [33].

Глубина фрезерования $t = 2,0$ мм.

Ширина фрезерования $B = 146$ мм.

Диаметр фрезы, мм, выбирают по формуле.

$$D = (1,25 \dots 1,5) \cdot B. \quad (1.21)$$

$$D = (1,25 \dots 1,5) \cdot 146 = 182,5 \dots 219 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 200$ мм.

Подача на один зуб фрезы: $S_z = 0,12$ мм/зуб.

Скорость резания, м/мин, определяется по формуле.

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (1.22)$$

где $C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$ – коэффициент и показатели степени;

$T = 240$ мин – период стойкости инструмента;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания определяется по формуле.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (1.23)$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал определяется по формуле;

$K_{pv} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ив} = 1,0$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.24)$$

где $K_{\Gamma} = 0,95$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$n_v = 1$ – показатель степени.

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,73.$$

$$K_v = 0,73 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,58.$$

$$V = \frac{332 \cdot 200^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,12^{0,2} \cdot 146^{0,2} \cdot 6^0} \cdot 0,58 = 97,71 \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения шпинделя, об/мин, определяем по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.25)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 97,71}{3,14 \cdot 200} = 155,6 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_{ст} = 160$ об/мин.

Действительную скорость резания определяем по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000}, \quad (1.26)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 160}{1000} = 100 \text{ м/мин.}$$

Сила резания, (в ньютонах), определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n_{ст}^w} \cdot K_{MP}, \quad (1.27)$$

где $C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$ – коэффициент и показатели степени;

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, определяется по формуле.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.28)$$

где $n = 0,3$ – показатель степени.

$$K_{MP} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,12^{0,75} \cdot 146^{1,1} \cdot 6}{200^{1,3} \cdot 160^{0,2}} \cdot 1,08 = 1936,73 \text{ Н.}$$

Крутящий момент, (Н · м), определяется по формуле:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (1.29)$$

$$M_{кр} = \frac{1936,73 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 1936,73 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания, (кВт), определяется по формуле:

$$N_{кр} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \quad (1.30)$$

$$N_{рез} = \frac{1936,73 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 3,16 \text{ кВт}.$$

- Проверка на достаточность привода станка проводится по формуле:

$$N_{рез} \leq N_{шп}, \quad (1.31)$$

где $N_{шп}$ – мощность привода станка определяется по формуле.

$$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta, \quad (1.32)$$

где $N_{ст} = 10 \text{ кВт}$ – мощность станка;

$\eta = 0,85$ – КПД привода.

$$N_{шп} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}, \quad 3,16 < 8,5.$$

- Минутная подача, мм/мин, определяется по формуле:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{ст} = 0,12 \cdot 6 \cdot 160 = 115 \text{ мм/мин} \quad (1.33)$$

Основное время, мин, определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{р.х}}{S_m} \cdot i, \quad (1.34)$$

где $L_{р.х}$ – длина рабочего хода, мм, определяется по формуле.

$$L_{р.х} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер}, \quad (1.35)$$

где $L_{вр} + L_{пер} = 31 \text{ мм}$ – длина врезания и перебега;

i – число проходов.

$$L_{р.х} = 146 + 31 = 177 \text{ мм}.$$

$$T_o = \frac{177}{115} \cdot 1 = 1,54 \text{ мин}.$$

Переход 2.

Центровать отверстие А6,3.

Расчет ведем по рекомендациям [21].

Глубина резания $t = 3,15 \text{ мм}$.

Подача $S = 0,05 \text{ мм/об}$.

Скорость резания $V_{табл.} = 10 \text{ м/мин}$.

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 10}{3,14 \cdot 6,3} = 505,5 \text{ об/мин}.$$

Принимаем частоту вращения станка $n_{ст} = 500 \text{ об/мин}$.

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст} = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мм/мин}.$$

Действительная скорость резания.

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 500}{1000} = 10 \text{ м/мин}.$$

Мощность резания $N_e = 1 \text{ кВт}$.

Проверка на достаточность привода станка: $1 < 8,5$.

Продолжение таблицы 1.16

Основное время:

$$T_o = \frac{15}{25} \cdot 1 = 0,60 \text{ мин.}$$

Таблица 1.16 – Режимы резания и основное время операций

Операция, содержание перехода	t, мм	S, мм/об	S _м , мм/мин	S _з , мм/зуб	n, об/мин	V, м/мин	T _о , мин
Операция 010							
Точить поверхность $\phi 116h12$, выдерживая размеры 60 ± 1 , 80 ± 1 , 120 ± 1 и 950 ± 1	2,0	0,8	75,6		200	73	1,5
Точить поверхность $\phi 115h9$, выдерживая размеры 80 ± 1 , 120 ± 1 и 950 ± 1	0,5	0,25			630	227	1,14
Операция 015							
Сверлить отверстие $\phi 30H14$ на проход	15	0,1			315	30	35,5 6
Расточить отверстие $\phi 75H9$ на глубину $10^{+0,5}$	0,25	0,2			750	177	0,07
Расточить фаску $2 \times 45^\circ$	2					165	0,03
Расточить отверстие $\phi 69,9^{+0,3}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$	0,2					165	0,37
Расточить отверстие $\phi 34,43^{+0,22}$, выдерживая размер $19 \pm 0,3$	0,25					85	0,14
Расточить фаску 1,5, выдерживая угол 30°	1,0					76	0,03
Расточить отверстие $\phi 32H8$, выдерживая размер 15^{+1}	0,25					76	0,10
Расточить канавку $2,5^{+0,25}$ до $\phi 32,8_{-0,3}$, выдерживая размер $19 \pm 0,3$	2,5	0,05			1000	104	0,10
Расточить канавку $12^{+0,43}$ до $\phi 73^{+0,5}$, выдерживая размер $62^{+0,5}$	12,0/4, 0	0,1			400	92	0,38
Расточить канавку 4 до $\phi 36,5H14$, выдерживая размер $90 \pm 0,3$	4,0					46	0,13
Нарезать резьбу $M72 \times 2 - 6H$	2,0	2,0			315	72	0,42
Нарезать резьбу $M36 \times 1,5 - 6H$	1,5				315	36	0,24
Операция 025							
Установ А Подрезать торец в размер $1066 \pm 0,5$	1,0	0,2			500	183	0,50
Расточить фаску 2, выдерживая угол 30°	1,2	0,2			750	71	0,03
Установ Б Точить поверхность $\phi 115h14$ на длину 1058_{-1}	2,5/1,5	0,35			315	114	8,98

Продолжение таблицы 1.16

Операция, содержание перехода	t, мм	S, мм/об	S _м , мм/ мин	S _з , мм/зу б	п, об/ми н	V, м/мин	T _о , мин
Точить поверхность $\phi 100h12$ на длину 78 ₋₁	7,0/1,5	0,35			315	99	3,63
Точить фаску 4, выдерживая угол 30°	4,0	0,35			315	99	0,10
Точить поверхность $\phi 97h13$ на длину 18,5 ^{+0,5}	1,5	0,35			315	96	0,18
Точить поверхность $\phi 99,8_{-0,13}$, выдерживая размер 78 ₋₁	1,1	0,35			315	99	0,54
Точить канавку 5 $\pm$ 0,375 до $\phi 92h13$, выдерживая размер 18,5 ^{+0,5}	5,0	0,1			500	145	0,10
Точить канавку 5 до $\phi 97_{-0,5}$, выдерживая размер 78 $\pm$ 0,5	5,0	0,1			500	153	0,10
Точить канавку 12 до $\phi 109_{-0,87}$, выдерживая размер 1058 $\pm$ 1	12,0/6,0	0,1			450	155	0,22
Нарезать резьбу M100 $\times$ 2 – 6g	2,0	2,0			250	79	0,79
Операция 030							
Сверлить 2 отверстия $\phi 10^{+2}$ на глубину 1085 $\pm$ 1	5,0	0,05			315	10	137,7 8
Операция 040							
Установ А Расточить отверстие $\phi 80^{+0,74}$ на глубину 5 $\pm$ 0,5	25,0/3,0	0,5			450	114	0,28
Расточить фаску 2 ^{+0,5} , выдерживая угол 30°	1,2					43	0,03
Установ Б Точить поверхность $\phi 110,4h10$ на длину 1058 $\pm$ 1	0,3	0,2			630	219	7,78
Операция 045							
Позиция 1 Фрезеровать поверхность в размер 135 $\pm$ 0,5	5,0		302	0,12	630	159	0,36
Фрезеровать поверхность в размер 125 $\pm$ 0,5 на длину 68 $\pm$ 0,5	5,0						0,23
Позиция 2 Фрезеровать поверхность в размер 22,5 $\pm$ 1	20,0/10,0		36	0,05	180	26	1,67
Центровать 2 отверстия	3,0	0,05			500	10	0,40
Сверлить 2 отверстия $\phi 6^{+0,3}$ на глубину 38 $\pm$ 1	3,0	0,1			630	12	1,27

Продолжение таблицы 1.16

Операция, содержание перехода	t, мм	S, мм/о б	S _м , мм/ мин	S _з , мм/зу б	п, об/ми н	V, м/мин	T _о , мин
Позиция 3 Фрезеровать поверхность в размер 22,5 ± 1	20,0/10,0		36	0,5	180	26	1,67
Центровать 2 отверстия	3,0	0,05			500	10	0,40
Сверлить 2 отверстия $\phi 6^{+0,3}$ на глубину 38 ± 1	3,0	0,1			630	12	1,27
Позиция 4 Фрезеровать плоскость в размеры 2 ± 0,5 и 67,5	2,0		302	0,12	630	159	0,23
Центровать 2 отверстия	3,0	0,05			500	10	0,40
Сверлить отверстие $\phi 15H14$ на глубину 39 ± 0,5	7,5	0,3			400	19	0,33
Сверлить отверстие $\phi 17H12$ и $\phi 23H12$ на глубину 28 ^{+0,52}	3,0	0,6			250	19	0,20
Зенкеровать отверстие $\phi 17,8H11$ и $\phi 23,8H11$ на глубину 28 ^{+0,52}	0,4	0,4			180	14	0,42
Развернуть отверстие $\phi 17,95H10$ и $\phi 23,95H10$ на глубину 28 ^{+0,52}	0,075	0,8			100	8	0,38
Развернуть отверстие $\phi 18H9$ и $\phi 24D10$ на глубину 28 ^{+0,52}	0,025	0,6			160	13	0,32
Сверлить отверстие $\phi 10^{+0,5}$ на глубину 26 ± 1, выдерживая размер 114 ± 0,3	5,0	0,1			500	16	0,60
Позиция 5 Фрезеровать плоскость в размеры 2 ± 0,5 и 67,5	2,0		302	0,12	630	159	0,23
Центровать 2 отверстия	3,0	0,05			500	10	0,20
Сверлить отверстие $\phi 15H14$ на глубину 39 ± 0,5	7,5	0,3			400	19	0,33
Сверлить отверстие $\phi 17H12$ и $\phi 23H12$ на глубину 28 ^{+0,52}	3,0	0,6			250	19	0,20
Зенкеровать отверстие $\phi 17,8H11$ и $\phi 23,8H11$ на глубину 28 ^{+0,52}	0,4	0,4			180	14	0,42
Развернуть отверстие $\phi 17,95H10$ и $\phi 23,95H10$ на глубину 28 ^{+0,52}	0,075	0,8			100	8	0,38
Операция 050							
Шлифовать поверхность $\phi 110_{-0,223}^{-0,196}$	0,02	15			60	21	14,64

1.2 Конструкторская часть

1.2.1 Обоснование и описание конструкции

Приспособление ФЮРА.А11178.003 СБ предназначено для закрепления заготовки на столе горизонтально-сверлильного станка модели УТВ1600.

Приспособление одноместное. Состоит из основания 4, на котором размещаются две призмы 11, пластина 5 с установленной на ней стойкой 8, которая служит для поддержания и ориентирования нажимного винта 20 и пяты 29. Также на основании установлены шпилька 35 и опора 25, на которой находится прихват 10, применяемый для зажима детали. Перемещение приспособления осуществляется при помощи четырех рым-болтов 20. Для закрепления приспособления на столе станка предусмотрены пазы в основании.

Заготовка устанавливается на две призмы с упором в торец, до заготовки доводится пята. Зафиксировать заготовку в таком положении помогает два прихват, который регулируется за счет затяжки гайки 22.

1.2.2 Расчет приспособления на точность

При расчете приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки, в микрометрах, которая определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (1.36)$$

При установке деталей в приспособление погрешность базирования по длине равна нулю. Погрешность закрепления определяем по рекомендациям [33].

Погрешность закрепления, мкм, находим по формуле.

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} \cdot Rz + K_{HB} \cdot HB) + C_1] \cdot \left(\frac{Q}{9,8} \right)^n, \quad (1.37)$$

где $K_{Rz} = 0$ – коэффициент шероховатости;

$K_{HB} = 0,003$ – коэффициент шероховатости;

$C_1 = 1,19$;

$Q = 700$ Н;

$n = 0,8$ – показатели степени.

$$\varepsilon_3 = [(0 \cdot 40 - 0,003 \cdot 269) + 1,19] \cdot \left(\frac{700}{9,8} \right)^{0,8} = 11,6 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 11,6^2} = 11,6 \text{ мкм.}$$

Допуск на размер по чертежу равен 2000 мкм. Следовательно, спроектированное приспособление удовлетворяет точности обработки детали на данной операции.

1.2.3 Расчет силы зажима изделия

Усилие подачи и сила зажима направлены перпендикулярно друг другу. Сила зажима прижимает заготовку к установочным поверхностям призм, а окружная сила резания стремится сдвинуть деталь в осевом направлении.

Сила зажима без учета подачи, H , определяется по формуле.

$$Q = \frac{K \cdot R_1}{2 \cdot f_1}, \quad (1.38)$$

где Q – сила закрепления;

R_1 – осевая сила;

K – коэффициент запаса;

$f_1 = 0,15$ – коэффициент трения.

Осевая сила определяется по формуле.

$$R_1 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.39)$$

где $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ – коэффициент и показатели степени;

K_p – поправочный коэффициент, $K_p = K_{MP} = 1,08$ (определили по формуле (1.26).

$$R_1 = 10 \cdot 68 \cdot 10^{1,0} \cdot 5,0 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 1,08 = 4511 \text{ Н.}$$

Коэффициент запаса определяется по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (1.40)$$

где $K_0 = 1,5$ – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1,2$ – коэффициент неровностей;

$K_2 = 1,6$ – коэффициент характеризующий значение силы P_z ;

$K_3 = 1,2$ – коэффициент характеризующий постоянство P_z ;

$K_4 = 1$ – использование гидроцилиндра;

$K_5 = 1$ – т.к. приспособление не ручное;

$K_6 = 1,5$ поправочный коэффициент.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,46.$$

$$Q = \frac{3,46 \cdot 4511}{2 \cdot 0,15} = 52027 \text{ Н.}$$

Зная необходимое усилие зажима, определяем требуемый диаметр винта по формуле:

$$D = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma_p}}, \quad (1.41)$$

где $\sigma_p = 200 \text{ МПа}$ – напряжение растяжения материала винта.

$$D = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{52027}{200}} = 22,6 \text{ мм.}$$

Т.к. используется два прижима, то диаметр винтов можно принять равным $D = 12 \text{ мм}$.

1.2.4 Проектирование сверла глубокого сверления

Сверло предназначено для обработки глубокого отверстия диаметром 30Н14 и состоит из трех составных частей: рабочей части, стеблевой части и хвостовика.

Выбираем материал рабочей части сверла. При обработке сталей целесообразно использовать сверло из твердого сплава. Исходя из этого, выбираем марку твердого сплава Т5К10 ГОСТ 3882-74.

Для экономии твердого сплава сверло делаем составным неразъемным. Т.к. сверло длинное и будут большие нагрузки на хвостовик и стеблевую часть, то изготавливаем их из стали 30ХГСА ГОСТ 4543-71.

Рабочая часть сверла выполняется в виде монолитной головки и имеющей типовую форму поперечного сечения – трубка с серповидным отверстием и V-образным пазом. Такое отверстие служит для подвода смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ) к головке и называется каналом для СОЖ. По мере приближения к хвостовику сверла этот канал увеличивается.

Геометрические параметры сверла:

- угол V-образного паза $\omega = 110^\circ$;
- паз на стебле в сравнении с пазом на головке смещен на величину $h = 0,2$ мм от оси стебля для удобства обработки режущей части по передней поверхности;
- сочленение головки со стеблем осуществляется по клиновой поверхности с углом $\varphi = 90^\circ$;
- головка со стеблем соединяется индукционной пайкой на установке ТВЧ в центрирующем приспособлении с использованием припоя ПСр 40 ГОСТ 19739-74 с применением флюса 284 ТУ 48-02-62-71.

1.2.5 Проектирование калибра соосности

Специальный мерительный инструмент – калибр соосности предназначен для контроля соосности гладкого отверстия диаметром 75Н9 и резьбового отверстия М72 $\times$ 2 – 6Н на операции 020 обработки штока.

Расчет калибра проводим в следующей последовательности.

Расчет резьбовой части калибра.

По ГОСТ 24705-81 определяем основные размеры резьбы:

- наружный диаметр $D = 72$ мм;
- средний диаметр $D_2 = 70,701$ мм;
- внутренний диаметр $D_1 = 69,835$ мм.

По ГОСТ 16093-81 (СТ СЭВ 640-77) находим предельные отклонения диаметров резьбы:

- нижнее отклонение D, D_2, D_1 : $EI = 0$ мкм;
- верхнее отклонение D_2 : $ES = + 236$ мкм;
- верхнее отклонение D_1 : $ES = + 375$ мкм.

Строим схему расположения полей допусков калибра.

По ГОСТ 24997-81 (СТ СЭВ 2647-80) определяем отклонения и допуски:
 $Z_{PL} = 16$ мкм; $T_{PL} = 14$ мкм; $W_{GO} = 21$ мкм.

Расчет проходного калибра по наружному, среднему и внутреннему диаметрам ведется, соответственно, от наименьших наружного, среднего и внутреннего диаметров гайки.

Расчет исполнительных размеров резьбовой части калибра.

В соответствии с ГОСТ 24997-81 определяем наибольшие предельные диаметры резьбы калибра. Верхнее отклонение диаметров резьбы калибра при этом будет равно нулю, а нижнее – отрицательным и равным по величине допуску на изготовление калибра.

Наибольший предельный наружный диаметр, мм, определяется по формуле:

$$d^{\max} = D + EI_D + Z_{PL} + T_{PL}, \quad (1.42)$$

$$d^{\max} = 72 + 0 + 0,016 + 0,014 = 72,030 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный средний диаметр, мм, определяется по формуле:

$$d_2^{\max} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} + \frac{T_{PL}}{2}, \quad (1.43)$$

$$d_2^{\max} = 70,701 + 0 + 0,016 + 0,007 = 70,724 \text{ мм.}$$

Наибольший предельный внутренний диаметр, мм, определяется по формуле:

$$d_1^{\max} = D_1 + EI_{D1} - \frac{H}{6}, \quad (1.44)$$

где $\frac{H}{6} = 0,290$ – табл. 1 ГОСТ 24997-81.

$$d_1^{\max} = 69,835 + 0 - 0,290 = 69,545 \text{ мм.}$$

В соответствии с ГОСТ 24997-81 определяем допуски на изготовление калибра.

Допуск наружного диаметра калибра:

$$T_{dIP} = 2 \cdot T_{PL} = 2 \cdot 0,014 = 0,028 \text{ мм.}$$

Допуск среднего диаметра калибра:

$$T_{d2IP} = T_{PL} = 0,014 \text{ мм.}$$

Исполнительные размеры калибра:

- наружный диаметр – $72,030_{-0,028}$ мм;
- средний диаметр – $70,724_{-0,014}$ мм;
- внутренний диаметр – $69,545$ мм по канавке или радиусу.

Размер изношенного калибра по среднему диаметру, мм, определяется по формуле.

$$d_2^{\text{изн}} = D_2 + EI_{D2} + Z_{PL} - W_{GO}, \quad (1.45)$$

$$d_2^{\text{изн}} = 70,701 + 0 + 0,016 - 0,021 = 70,696 \text{ мм.}$$

Расчет гладкой части калибра.

Определяем нижнее отклонение диаметра 75H9:

- нижнее отклонение отверстия EI = 0 мкм.

Определяем наименьший предельный размер, мм, по формуле.

$$D_{\min} = D_H + EI, \quad (1.46)$$

$$D_{\min} = 75 + 0 = 75 \text{ мм.}$$

Определяем допуски по ГОСТ 24853-81 (СТ СЭВ 157-75):

- Z = 13 мкм – отклонения середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера отверстия;

- H = 5 мкм – допуск на изготовление калибров для отверстия;

- Y = 0 мкм – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия.

Считаем исполнительные размеры гладкой части калибра.

- В качестве исполнительного размера калибра берется наибольший предельный размер с его отрицательным отклонением, равным допуску на изготовление калибра.

Наибольший предельный размер, мм, определяется по формуле.

$$d_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}, \quad (1.47)$$

$$d_{\max} = 75 + 0,013 + 0,0025 = 75,0155 \text{ мм.}$$

Исполнительный размер калибра – 75,0155_{-0,005} мм.

Размер изношенного калибра, мм, определяется по формуле.

$$d_{\text{изн}} = D_{\min} - Y, \quad (1.48)$$

$$d_{\text{изн}} = 75,0 - 0 = 75,0 \text{ мм.}$$

1.3 Организационная часть

1.3.1 Нормирование технологического процесса

Штучно-калькуляционное время выполнения работ на станках, в минутах, определяется по формуле.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (1.49)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время;

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно-заключительное время.

Для станков с ЧПУ штучное время, в минутах, определяется по формуле.

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}} \cdot K_{\text{ив}}) \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100} \right), \quad (1.50)$$

где $T_{\text{ца}}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин, определяется по формуле 1.51;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время;

$K_{\text{ив}}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{\text{обс}} = 4\%$ – время на обслуживание рабочего места;

$A_{\text{ОТД}} = 3\%$ – время на отдых и личные надобности.

$$T_{\text{ЦА}} = T_{\text{О}} + T_{\text{МВ}}, \quad (1.51)$$

где $T_{\text{О}}$ – основное время на обработку одной детали;

$T_{\text{МВ}}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз.);

Вспомогательное время, в минутах, определяется по формуле.

$$T_{\text{В}} = T_{\text{УСТ}} + T_{\text{ОПЕР}} + T_{\text{ИЗМ}}, \quad (1.52)$$

где $T_{\text{УСТ}}$ – время на установку и снятие детали;

$T_{\text{ОПЕР}}$ – время, связанное с операцией;

$T_{\text{ИЗМ}}$ – время на измерение.

Подготовительно-заключительное время, в минутах, определяется по формуле.

$$T_{\text{П-З}} = T_{\text{П-З1}} + T_{\text{П-З2}} + T_{\text{П-З.ОБР}}, \quad (1.53)$$

где $T_{\text{П-З1}}$ – время на организационную подготовку;

$T_{\text{П-З2}}$ – время на наладку станка;

$T_{\text{П-З.ОБР}}$ – нормы времени на пробную обработку.

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы [20, 21] и приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Результаты нормирования

Наименование операции	$T_{\text{О}}$, мин	$T_{\text{В}}$, мин	$T_{\text{П-З}}$, мин	$T_{\text{ШТ}}$, мин	$T_{\text{ШТ-К}}$, мин
005 Фрезерно-центровальная	2,14	1,64	5,34	4,05	4,14
010 Токарная	2,64	4,40	10,9	7,54	7,73
015 Сверлильная	35,56	11,48	20,50	50,34	50,69
020 Токарная	5,24	8,48	17,50	14,69	14,99
025 Токарная	15,17	17,62	25,60	35,09	35,52
030 Сверлильная	137,78	19,63	27,41	168,43	168,89
040 Токарная	8,09	5,10	11,90	14,12	14,32
045 Фрезерно-сверлильная	12,23	7,82	12,40	21,46	21,67
050 Шлифовальная	14,64	7,48	16,50	23,67	23,95
065 Токарная	7,10	5,30	10,90	13,27	13,46
080 Токарная	7,10	5,30	10,90	13,27	13,46
090 Токарная	7,10	5,30	10,90	13,27	13,46

1.3.2 Расчет потребного количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Расчетное количество станков для обработки годовой программы деталей, шт., определяется по формуле.

$$C_{\text{Р}} = \frac{T_{\text{ШТ-К}} \cdot N \cdot K_{\text{ВН}}}{60 \cdot F_{\text{Д}}}, \quad (1.54)$$

где C_p – расчётное количество станков данного типа, шт.;
 $K_{BH} = 1,04$ – коэффициент выполнения нормы;
 F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, в часах, определяется по формуле:

$$F_d = F_n \cdot K_n, \quad (1.55)$$

где F_n – номинальный годовой фонд времени работы оборудования;
 $K_n = 0,97$ – коэффициент, учитывающий потери времени при ремонте оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования, %, определяется по формуле:

$$K_{zo} = \frac{C_p}{C_{\Pi}} \cdot 100, \quad (1.56)$$

где C_{Π} – принятое число станков.

Результаты расчёта приведены в таблице 6.1.

Таблица 1.16 – Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

№ операции	$T_{шт-к}$, мин	F_d , час	C_p , шт.	C_{Π} , шт.	K_{zo} , %
005	4,14	1933	0,04	1	4
010	7,73		0,07	1	7
015	50,69		0,46	1	46
020	14,99		0,14	1	14
025	35,52		0,32	1	32
030	168,89		1,52	2	76
040	14,32		0,13	1	13
045	21,67		0,20	1	20
050	23,95		0,22	1	22
065	13,46		0,13	1	13
080	13,46		0,13	1	13
090	13,46		0,13	1	13

Средний коэффициент загрузки $K_{zo. ср.} = 23\%$.

Коэффициент загрузки оборудования получился небольшим, поэтому следует произвести дозагрузку оборудования за счёт изготовления изделий другой номенклатуры. На рисунке 26 приведён график загрузки оборудования.

Уточняем тип производства по коэффициенту серийности по формуле.

$$K_c = \frac{t_b}{t_{шт-к ср}}, \quad (1.57)$$

где t_b – такт выпуска изделия, мин, определяется по формуле.

$$t_b = \frac{F_d \cdot 60}{N} \cdot K_{з ср}, \quad (1.58)$$

$$t_b = \frac{1933 \cdot 60}{1000} \cdot 0,23 = 115,98 \text{ мин.}$$

$$K_c = \frac{115,98}{9,86} = 11,76.$$

Т.к. $10 < K_c < 20$, то тип производства – среднесерийное.

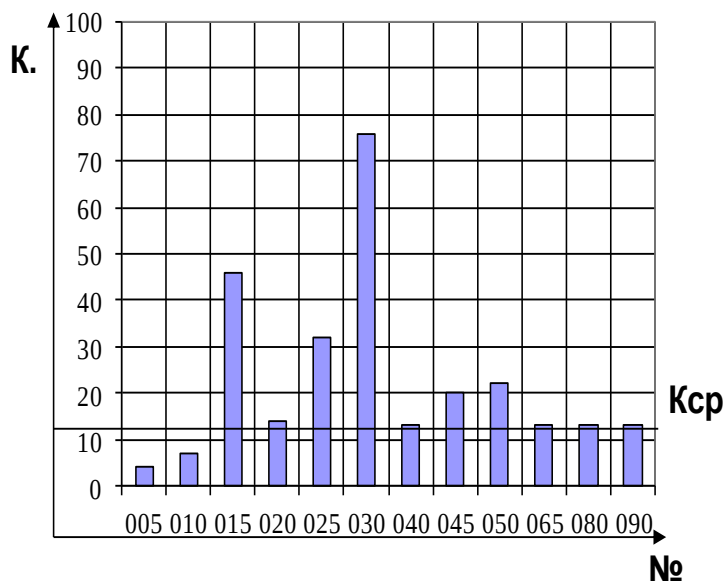


Рисунок 26 График коэффициентов загрузки оборудования

1.3.3 Расчет состава работающих

Численность основных рабочих, чел., определяем по формуле:

$$Ч_{осн} = \sum_{i=1}^M (C_{пi} \cdot п_{смi}), \quad (1.59)$$

где $п_{смi}$ – количество смен работы оборудования на i -й операции.

$$Ч_{осн} = 11 \cdot (1 \cdot 1) + (2 \cdot 1) = 13 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих, чел., определяется по формуле.

$$Ч_{всп} = Ч_{осн} \cdot \frac{k_{всп}}{100}, \quad (1.60)$$

где $k_{всп} = 60\%$ – коэффициент численности вспомогательных рабочих.

$$Ч_{всп} = 13 \cdot \frac{60}{100} = 7,8 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих принимаем $Ч_{всп} = 8$ чел.

Численность специалистов, чел., определяем по формуле:

$$Ч_{спец} = (Ч_{осн} + Ч_{всп}) \cdot \frac{k_{спец}}{100}, \quad (1.61)$$

где $k_{спец} = 8...12\%$ – коэффициент численности специалистов.

$$Ч_{спец} = (13 + 8) \cdot \frac{10}{100} = 2,1 \text{ чел.}$$

Численность специалистов принимаем $\text{Ч}_{\text{спец}} = 3$ чел.

Численность служащих, чел., определяется по формуле:

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}}) \cdot \frac{k_{\text{служ}}}{100}, \quad (1.62)$$

где $k_{\text{служ}} = 2 \dots 4\%$ – коэффициент численности служащих.

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (13 + 8 + 3) \cdot \frac{3}{100} = 0,72 \text{ чел.}$$

Численность служащих принимаем $\text{Ч}_{\text{служ}} = 1$ чел.

Численность руководителей, чел., определяется по формуле:

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}}) \cdot \frac{k_{\text{рук}}}{100}, \quad (1.63)$$

где $k_{\text{рук}} = 1,5 \dots 2\%$ – коэффициент численности руководителей.

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (13 + 8 + 3 + 1) \cdot \frac{2}{100} = 0,5 \text{ чел.}$$

Численность руководителей принимаем $\text{Ч}_{\text{рук}} = 1$ чел.

6. Общая численность работников подразделения, чел., определяется по формуле.

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = \text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}} + \text{Ч}_{\text{рук}}, \quad (1.64)$$

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = 13 + 8 + 3 + 1 + 1 = 26 \text{ чел.}$$

Таблица 1.17 – Численность производственных работников

Наименование профессии	Количество работников, чел.	Разряд
1. Производственные рабочие:		
– оператор фрезерно-сверлильных станков с ЧПУ	2	5
– оператор токарных станков с ЧПУ	4	5
– сверловщик	3	3
– шлифовщик	1	4
– токарь	3	4
2. Вспомогательные рабочие:		
– наладчик станков с ЧПУ	6	6
– заточник	2	3
3. Специалисты:		
– инженер-технолог	2	9
– мастер	1	6
4. Служащие:		
– уборщик производственных помещений	1	2
5. Руководители:		
– начальник участка	1	10