

## Содержание

Введение.....	3
1 Технологический анализ чертежа.....	4
1.1 Общая информация о детали.....	4
1.2 Анализ поверхностей детали и технических требований, способ их достижения.....	6
1.3 Показатели технологичности детали. Общее заключение.....	7
2 Определение типа производства и организационной формы производства	10
2.1 Определение штучно-калькуляционного времени.....	10
2.1.1 Определение коэффициента закрепления операции.....	12
2.1.2 Выбор организационной формы производства.....	17
2.2 Выбор метода получения заготовок.....	18
2.2.1 Сравнительный анализ двух наиболее рациональных методов получения заготовок.....	18
2.2.2 Экономическое обоснование целесообразности выбранного метода получения заготовки.....	24
2.3 Разработка маршрутного технологического процесса.....	27
2.3.1 Разработка маршрута обработки поверхности детали.....	27
2.3.2 Обоснование перечня и последовательности операций ТП.....	28
2.3.3 Разработка плана операций технологического процесса, выбор оборудования, приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструментов.....	30
2.4 Разработка операционного технологического процесса.....	38
2.4.1 Выбор технологических баз и назначение операционных размеров.....	38
2.4.2 Расчет диаметральных операционных размеров назначение припусков на обработку.....	43
2.4.3 Расчет режимов резания и основного технологического времени.....	48
2.4.4 Нормирование технологического процесса.....	50
2.4.5 Определение количества необходимого оборудования и его загрузки. .	53
3. Конструкторский раздел.....	
3.1 Разработка станочного приспособления.....	
3.1.1 Определение конструкции и расчет специальных средств технологического оснащения.....	
3.1.2 Выбор механизма закрепления.....	
3.1.3 Расчет усилий закрепления.....	
3.1.4 Общая схема и принцип действия установки.....	
3.2 Проектирование роботизированного технологического комплекса.....	
Заключение.....	59
Список использованной литературы.....	60

15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.		Николаев К.А.			Проектирование
Провер.		Архипов П.В.			автоматизированного участка по
Н. Контр.					изготовлению детали
Утверд.					
					Лит.    Лист    Листов
					2        91

Приложения  
 Приложение А  
 Приложение Б  
 Приложение В

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Николаев К.А.			Проектирование автоматизированного участка по изготовлению детали	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Архипов П.В.					3	91
Н. Контр.								
Утверд.								

## Введение

Отрасль промышленности включает в себя такие наукоемкие производства, как станкостроение, самолетостроение. От успеха развития машиностроения зависит, практически, все: в первую очередь – это экономическое состояние страны, ее рейтинг среди европейских стран-производителей первоклассной техники, с которыми нам постоянно приходится конкурировать. Кроме того, повышение обороноспособности страны немислимо без суперсовременных оборонительных комплексов, темпы развития и совершенствования которых напрямую связаны с уровнем развития машиностроения. Наша современная жизнь вообще немислива без техники: она нас окружает и дома, и на работе и везде, где бы мы только ни были. Возможности современной техники практически безграничны: еще двадцать лет назад никто и подумать не мог о том, что в двадцать первом веке появится, например, такой вид развлечения, как космический туризм.

Повышению уровня развития машиностроительного производства во многом способствовало и развитие станкостроения, т.е. производства средств производства, потому что невозможно создать высокотехнологичную машину с помощью устаревшего изношенного оборудования. Поэтому повышение уровня машиностроительного производства напрямую связано с развитием и совершенствованием науки “Технология станкостроения”, которая изучает сам процесс производства, методы и способы получения высокотехнологичных и высокоточных деталей, из которых в дальнейшем будут собраны различные современные механизмы и машины в целом. Само машиностроительное производство невозможно без участия технически грамотного инженера – технолога, который, являясь проектировщиком и разработчиком технологий изготовления отдельных деталей, характеризуется как самое главное лицо, от знания и умения которого зависит точность, технологичность и экономичность всего производства.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Целью ВКР является:** Проектирование автоматизированного участка по изготовлению детали «Фланцевый вал».

**Задача ВКР:**

1. Произвести расчёт технико-экономического обоснования выбора заготовки.
2. Спроектировать технологический процесс.
3. Рассчитать и выбрать оптимальные режимы резания.
4. Выполнить нормирование технологического процесса.
5. Определение количества необходимого оборудования и его загрузки.
6. Проектирование станочного приспособления и роботизированного комплекса.

**Актуальность ВКР:** Разработанный технологический процесс должен обеспечивать снижение себестоимости изготовления детали и способствовать повышению производительности труда и улучшению условий труда

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Химический состав и механические свойства материала приведены ниже (таблица 1.1-1.2).

Таблица 1.1 – Химический состав стали 14X17H1 ГОСТ 5632-2014

Марка стали или сплава	Массовая доля элементов, %									
	Обозначение	Условное обозначение	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Ниобий	Железо	Сера
Не более										
14X17H2	ЭИ268	0,11 — 0,17	Не более 0,80	Не более 0,80	16,00 — 18,00	1,50 — 2,50	—	Осн	0,025	0,030
									Не более	

Твердость по Бринеллю  $HV_{10}^{-1} = 285$  МПа горячекатаной и кованой заготовки, после отжига и  $HV_{10}^{-1} = 228-293$  Мпа после закалки и отпуска.

Таблица 1.2 – Механические свойства металлопродукции

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ %	ККУ (кДж / $см^2$ )	HВ(HRC <sub>3</sub> ), не более
ГОСТ 5949-75	Прутки. Закалка 975-1040 °С, масло.	60	835	1080	10	30	49	-
	Отпуск 275-350 °С, воздух.		635	835	16	55	75	-
ГОСТ 7350-77	Листы горячекатаные или холоднокатаные. Закалка 960-1050 °С, вода или воздух. Отпуск 275-350 °С, воздух (образцы поперечные).	Образцы	882	1078	10	-	-	-
ГОСТ 25054-81	Поковки. Закалка 980-1020 °С, масло. Отпуск 680-700 °С, воздух.	До 1000	637	784	12	30	49	248-293
	Поковки. Закалка 1000-1030 °С, масло. Двойной отпуск 665-	До 100	540	690	15	40	59	228-269

	675 °С, печь или воздух.							
--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

## 1.2 Анализ поверхностей детали и технических требований, способ их достижения

В данном пункте описываются следующие технические параметры детали:

- точность размеров;
- точность формы;
- точность расположения;
- шероховатость поверхности;
- физико-механические свойства.

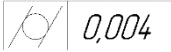
Анализ точности размеров детали «Фланцевый вал» до IT14.

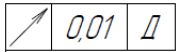
IT6: Ø22k6; Ø26k6.

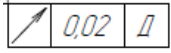
IT7: Ø21h7; Ø16h7.

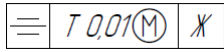
Остальные размеры выполнены по IT14.

Анализ допуска формы и допуска взаимного расположения.

 – Допуск цилиндричности наружных цилиндрических поверхностей Ø22k6 и Ø26k6, 4мкм.

 – Допуск радиального биения 10 мкм наружных цилиндрических поверхностей Ø22k6 и Ø26k6 относительно оси вала.

 – Допуск радиального биения 20 мкм наружных цилиндрических поверхностей Ø27h7 и Ø16h7 относительно оси вала.

 – Допуск симметричности глубины шпоночного паза 10 мкм относительно оси вала.

Анализ шероховатости поверхности.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Ra 1,6 – Шероховатость наружных цилиндрических поверхностей Ø22k6, Ø26k6.

Ra 3,2 – Шероховатость ширины шпоночных пазов и наружных цилиндрических поверхностей Ø16h7, Ø21h7.

Ra 6,3 – Шероховатость глубины шпоночных пазов.

Остальные поверхности выполнены в пределах Ra 12,5.

### 1.3 Показатели технологичности детали. Общее заключение по технологичности детали

Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Качественная оценка детали на технологичность.

Деталь изготавливается из стали 14X17H1 ГОСТ 5632-2014. Это нержавеющая сталь на железоникелевой основе, предназначенной для работы в коррозионноактивных средах и при высоких температурах.

Форма заготовки и её размеры максимально приближены к форме и размерам готовой детали. Метод формообразования – поковка. После окончательной обработки деталь отправляется на сборку.

Размеры и поверхности детали имеют оптимальные степень точности и шероховатость. Поверхности детали удобны для базирования. Конструкция детали обеспечивает возможность применения типовых технологических процессов. Увеличение трудоёмкости вызывает наличие шпоночного паза т.к. требует применение специального режущего и мерительного инструмента. Все поверхности удобны для базирования и обработки, в целом деталь является технологичной.

Коэффициент стандартизации рассчитываем по формуле:

$$K_{cm} = \frac{D_{cm}}{D}, \text{ (Формула 11)}$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $D_{cm}$  – число стандартных размеров поверхностей деталей, подлежащие механической обработке;

$D$  – общее число размеров поверхностей деталей, подлежащие механической обработке.

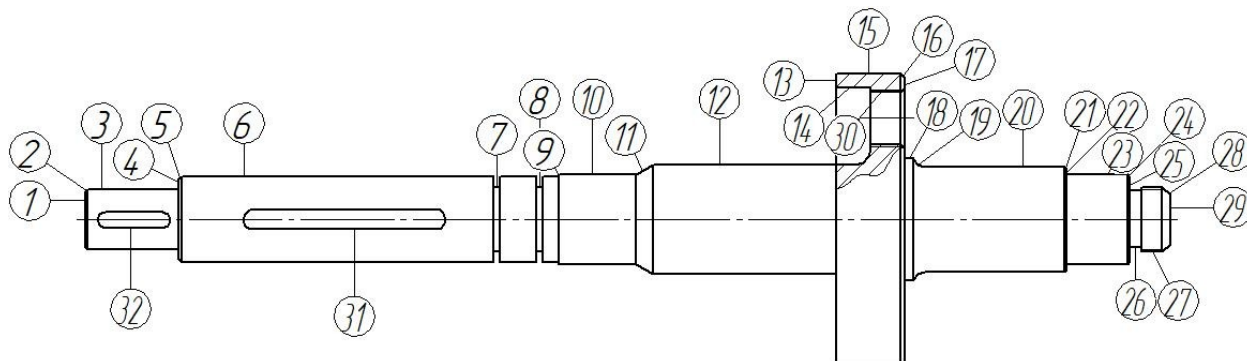


Рисунок 1.2 – Обрабатываемые поверхности детали

$$K_{cm} = \frac{32}{32} = 1$$

Коэффициент использования материала рассчитываем по формуле:

$$K_{um} = \frac{M_o}{M_z}, \text{ (STYLEREF 1 \& 1. SEQ Формула \& ARABIC \& 12)}$$

где  $M_o$  - масса детали,

$M_z$  - масса заготовки.

$$K_{um} = \frac{1,11}{1,76} = 0,63$$

Рассчитываем коэффициент точности:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \text{ (STYLEREF 1 \& 1. SEQ Формула \& ARABIC \& 13)}$$

где  $T_{cp}$  – средняя точность всех размеров поверхностей, подлежащих обработке, рассчитывается по формуле:

$$T_{cp} = \frac{T_1 \cdot n_1 + T_2 \cdot n_2 + \dots + T_{14} \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \text{ (STYLEREF 1 \& 1. SEQ Формула \& ARABIC \& 14)}$$

где  $T_{1,2,3}$  – квалитет точности размера;

$n_{1,2,3}$  – количество размеров соответствующего квалитета точности.

$$T_{cp} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 9 + 25 \cdot 14}{32} = 12,5$$

подставляем в формулу (1.3)

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

$$K_{мч} = 1 - \frac{1}{12,5} = 0,92$$

Рассчитываем коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}}, \text{ (STYLEREF 1 \S 1. SEQ Формула \ARABIC 15)}$$

где  $B_{CP}$  – среднее числовое значение параметра шероховатости по всем поверхностям детали.

$$T_{cp} = \frac{T_1 \cdot n_1 + T_2 \cdot n_2 + \dots + T_{14} \cdot n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}}, \text{ (STYLEREF 1 \S 1. SEQ Формула \ARABIC 16)}$$

$$B_{CP} = \frac{3 \cdot 1,6 + 2 \cdot 3,2 + 2 \cdot 6,3 + 25 \cdot 12,5}{32} = 10,5$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,5} = 0,09$$

Так как  $K_{T.ч.} > 0,8$ , а  $K_{ш} < 0,32$  то по количественным показателям оценки технологичности детали деталь является технологичной.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 Определение типа производства и организационной формы производства

### 2.1 Определение штучно-калькуляционного времени

Определяем штучное время по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \ 11)}$$

где  $t_o$  – основное технологическое время;

$t_{всп}$  – вспомогательное время на операцию;

$t_{обс}$  – время обслуживания рабочего места;

$t_{отд}$  – время, на отдых и личные надобности,  $t_{отд} = 5 \text{ мин}$ ;

$$t_{он} = t_{осн} + t_{всп}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \ 12)}$$

где  $t_{осн}$  – основное время на обработку детали,

$t_{всп}$  – вспомогательное время, рассчитываем по формуле

$$t_{всп} = t_{у.с.} + t_{н.п.}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \ 13)}$$

где  $t_{у.с.}$  – время на установку и снятие детали

$t_{н.п.}$  – время на переход,

Время обслуживания рабочего места

$$t_{обс} = t_{мех} + t_{орг}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \ 14)}$$

$t_{мех}$  – технологическое обслуживание рабочего места,  $t_{мех} = 1,0 \text{ мин}$ ;

$t_{орг}$  – время организационного обслуживания рабочего места  $t_{орг} = 0,5 \text{ мин}$

;

$$t_{обс} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ мин}$$

020 Фрезерно-центровальная

$$t_{всп} = 0,3 + 0,2 = 0,5 \text{ (мин)}$$

$$t_{он} = 0,35 + 0,5 = 0,85 \text{ (мин)}$$

$$T_{шт} = 0,35 + 0,5 + 1,5 + 5 = 7,35 \text{ (мин)}$$

025 Токарная (черновая)

$$t_{всп} = 0,6 + 0,6 = 1,2 \text{ (мин)}$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{on}=2,3+1,2=3,5(\text{мин})$$

$$T_{ум}=2,3+1,2+1,5+5=10(\text{мин})$$

### 030 Токарная (чистовая)

$$t_{всн}=0,6+0,4=1,0(\text{мин})$$

$$t_{on}=1,5+1,0=2,5(\text{мин})$$

$$T_{ум}=1,5+1,0+1,5+5=9(\text{мин})$$

### 035 Фрезерная

$$t_{всн}=0,4+0,2=0,5(\text{мин})$$

$$t_{on}=1,2+0,6=1,8(\text{мин})$$

$$T_{ум}=1,2+0,5+1,8+5=8,2(\text{мин})$$

### 040 Сверлильная

$$t_{всн}=0,2+1,2=1,4(\text{мин})$$

$$t_{on}=3,2+1,4=4,6(\text{мин})$$

$$T_{ум}=3,2+1,4+1,5+5=11,1(\text{мин})$$

### 055 Шлифовальная

$$t_{всн}=0,7+0,5=1,2(\text{мин})$$

$$t_{on}=1,8+1,2=3,0(\text{мин})$$

$$T_{ум}=1,8+1,2+1,5+5=9,5(\text{мин})$$

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{ум-к} = T_{ум} + \frac{t_{n-з}}{q_{парт}}, \text{ (STYLEREF 1 \2. SEQ Формула \ ARABIC \15)}$$

где  $t_{n-з}$  – подготовительно-заключительное время:

$$t_{n-з} = 7 \text{ мин}$$

Число заготовок в партии:

$$q_{парт} = \frac{N \cdot a}{T}, \text{ (STYLEREF 1 \2. SEQ Формула \ ARABIC \16)}$$

где  $N$  - объем выпуска;

$T$  - количество рабочих дней в планируемом периоде выпуска;

$a$  - периодичность запуска, дн.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В качестве периода выпуска рассмотрим 2023 год. В данном году число рабочих дней составляет 247. Запуск деталей будет осуществляться с периодичностью 10 дней.

$$q_{\text{парт}} = \frac{2000 \cdot 10}{247} = 167 \text{ шт.}$$

Расчетные данные сводим в таблицу 2.1

Таблица 2.3 – Составляющие штучного времени  $T_{\text{шт}}$

№ операции	Название операции	$t_o$ , мин	$t_{\text{всп}}$ , мин	$t_{\text{он}}$ , мин	$t_{\text{обс}}$ , мин	$t_{\text{п-з}}$ , мин	$T_{\text{шт}}$ , мин	$t_{\text{шт-к}}$ , мин
20	Фрезерно-центровальная	0,35	0,5	0,85	1,5	7	7,35	7,36
25	Токарная черновая	2,3	1,2	3,5	1,5	7	10,0	10,01
30	Токарная чистовая	1,5	1,0	2,5	1,5	7	9,0	9,01
35	Фрезерная	1,2	0,5	1,7	1,5	7	8,2	8,21
40	Сверлильная	3,2	1,4	4,6	1,5	7	11,1	11,11
55	Шлифовальная	1,8	1,2	3,0	1,5	7	9,5	9,51

### 2.1.1 Определение коэффициента закрепления операции

Тип производства во многом определяет выбор заготовки, технологического оснащения, метода организации производства и квалификацию производственных рабочих.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций ( $K_{з.о}$ ):

$1 \leq K_{з.о} < 10$  – массовое и крупносерийное производство;

$10 \leq K_{з.о} < 20$  – среднесерийное производство;

$20 \leq K_{з.о} < 40$  – мелкосерийное производство;

$40 \leq K_{з.о}$  – единичное производство.

Величина коэффициента закрепления операций определяется по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{O}{P}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \17)}$$

где  $O$  – суммарное количество различных операций, выполняемых на производственном участке в течение месяца;

$P$  – суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Значения ( $O$ ) и ( $P$ ) определяются из данных наблюдения непосредственно на производственном участке, где изготавливается данная деталь. При выполнении курсового проекта определение величины ( $K_{з.о}$ ) путем длительных наблюдений является неприемлемым, поэтому с достаточной для учебного проекта точностью тип производства рассчитывается следующим образом:

1. Определяется расчетное количество станков, необходимых для выполнения каждой станочной операции ( $C_{pi}$ )

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт.к}}{60 \cdot F_o \cdot K_B \cdot K_P}, \text{ (STYLEREF 1 \2 . SEQ Формула \ ARABIC \18)}$$

где  $N$  – объем годового выпуска деталей, оговоренный в задании на курсовое проектирование, шт.;

$t_{шт.к}$  – штучно-калькуляционное время  $i$ -ой операции, мин. Для крупносерийного и массового производств вместо штучно-калькуляционного можно использовать штучное время ( $t_{шт}$ )  $i$ -ой операции. При расчете по формуле (2.2) в качестве  $t_{шт.к}$  следует использовать штучно-калькуляционное или штучное время базового технологического процесса, скорректированное путем уменьшения на 10-20 %. Корректировка производится с учетом последующего усовершенствования базового технологического процесса и сокращения трудоемкости изготовления детали;

$F_o$  – эффективный годовой фонд времени работы станка;

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_B$  – средний коэффициент выполнения норм времени. При обработке на станках с ручным управлением  $K_B = 1,1 - 1,2$ , на станках с ЧПУ, автоматах, полуавтоматах и агрегатных станках  $K_B = 1,0$ ;

$K_P$  – коэффициент, учитывающий потери по организационно - техническим причинам. Для расчетов можно принять  $K_P = 0,95$ .

2. Определяется принятое количество оборудования на каждой станочной операции ( $S_i$ ), для чего расчетное количество станков ( $C_{pi}$ ) округляется увеличением до целых значений.

3. Рассчитывается коэффициент загрузки каждого рабочего места ( $\eta_{zi}$ )

$$\eta_{zi} = \frac{C_{pi}}{S_i}, \text{ (STYLEREF 1 \&2 SEQ Формула \& ARABIC \&19)}$$

4. Определяется число операций, закрепленных за одним рабочим местом ( $Q_{P.M.i}$ )

$$Q_{P.M.i} = \frac{\eta_n}{\eta_{zi}}, \text{ (STYLEREF 1 \&2 SEQ Формула \& ARABIC \&110)}$$

где  $\eta_n$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования. Для расчетов можно принимать  $\eta_n = 0,7-0,8$  [16].

5. Рассчитывается величина коэффициента закрепления операций ( $K_{з.о}$ )

$$K_{з.о} = \frac{\sum Q_{P.M.i}}{\sum P_i}, \text{ (STYLEREF 1 \&2 SEQ Формула \& ARABIC \&111)}$$

где  $\sum P_i$  - общее число рабочих мест, на которых выполняются все станочные операции по изготовлению детали.

020 Фрезерно-центровальная

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 7,36}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,12 \text{ принимаем 1 станок}$$

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				



$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,12} = 0,12$$

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,12}{0,75} = 6,13$$

#### 025 Токарная (черновая)

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 10}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,17 \text{ принимаем 1 станок}$$

$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,17} = 0,17$$

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,17}{0,75} = 4,51$$

#### 030 Токарная (чистовая)

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 9}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,15 \text{ принимаем 1 станок}$$

$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,15} = 0,15$$

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,15}{0,75} = 5,01$$

#### 035 Фрезерная

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 8,2}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,14 \text{ принимаем 1 станок}$$

$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,14} = 0,14$$

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,14}{0,75} = 5,49$$

#### 040 Сверлильная

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 11,1}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,18 \text{ принимаем 1 станок}$$

$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,18} = 0,18$$

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,18}{0,75} = 4,06$$

#### 055 Шлифовальная

$$C_{pi} = \frac{2000 \cdot 9,5}{60 \cdot 1973 \cdot 1,2 \cdot 0,95} = 0,16 \text{ принимаем 1 станок}$$

$$\eta_{zi} = \frac{1}{0,16} = 0,16$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{P.M.i} = \frac{0,16}{0,75} = 4,75$$

Результаты вычислений определения типа производства приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.4 – Определение типа производства

№	Наименование операции	Станок, оборудование	$t_{шт.к}$	$F_o$	$K_B$	$C_{pi}$	$S_i$	$P_i$	$\eta_n$	$\eta_{zi}$	$Q_{P.M}$
20	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный МР-71	7,39	$\frac{197}{3}$	1,2	0,12	1	1	0,75	0,12	$\frac{6,1}{3}$
25	Токарная черновая	Токарный с ПУ 16К20Ф3	10,04	$\frac{197}{3}$	1,2	0,17	1	1	0,75	0,17	$\frac{4,5}{1}$
30	Токарная чистовая	Токарный с ПУ 16К20Ф3	9,04	$\frac{197}{3}$	1,2	0,15	1	1	0,75	0,15	$\frac{5,0}{1}$
35	Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6М12П	8,24	$\frac{197}{3}$	1,2	0,14	1	1	0,75	0,14	$\frac{5,4}{9}$
40	Сверлильная	Фрезерно-сверлильный СВМ1Ф4	11,14	$\frac{197}{3}$	1,2	0,18	1	1	0,75	0,18	$\frac{4,0}{6}$
55	Шлифовальная	Круглошлифовальный 3М151Н	9,54	$\frac{197}{3}$	1,2	0,16	1	1	0,75	0,16	$\frac{4,7}{5}$
СУММА								6			$\frac{29,9}{9}$

$$K_{з.о} = \frac{29,9}{6} = 5,0$$

Так как  $1 \leq K_{з.о} < 10$ , при годовой программе  $N=2000$  шт., тип производства соответствует крупносерийному.

### 2.1.2 Выбор организационной формы производства

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Тип производства - совокупность его организационно-технических и экономических особенностей, обусловленных номенклатурой изготавливаемых изделий, масштабами и степенью регулярности выпуска одноименной продукции. Тип производства в значительной мере определяет производственную структуру предприятия, характер технологических процессов, организацию труда на рабочих местах, конкретные методы управления.

Тип производства существенно влияет на технико-экономические показатели.

Крупносерийное производство характеризуется:

- постоянством довольно большой номенклатуры изделий, выпускаемых в больших количествах;
- применением наряду с универсальным оборудованием специализированного оборудования, инструмента и оснастки, что обусловлено тем, что в крупносерийном производстве для повторяющихся изделий становится экономически целесообразным более детально разработать техпроцесс, это способствует экономии материала и уменьшению трудоемкости и себестоимости изделия;
- выпуском деталей сериями и обработкой партиями.
- специализацией рабочих мест на выполнении нескольких постоянно закрепленных операций;
- применением труда рабочих невысокой квалификации, выполняющих определенный вид работы;
- относительным сокращением длительности производственного цикла, т.к. расстановка оборудования осуществляется не только по групповому признаку, но и по ходу техпроцесса.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

## 2.2 Выбор метода получения заготовок

### 2.2.1 Сравнительный анализ двух наиболее рациональных методов получения заготовок

Необходимо провести анализ двух различных методов получения заготовки для детали «Фланцевый вал»: сортовой прокат или штамповка.

Для каждого типа заготовки проводится расчет двух параметров:

- Коэффициент использования материала.
- Величина затрат на черновом этапе обработки.

Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{исп.м} = \frac{g_{д}}{g_{н}}, \text{ (Формула 11)}$$

где  $g_{д}$  – масса детали, кг;

$g_{н}$  – норма расхода материала, кг.

#### 1) Заготовка, получаемая отрезкой от сортового проката

Характерной особенностью сортового проката является простая (без внутренних углов) геометрическая форма его поперечного сечения — квадрат, круг, шестигранник, плоская форма сечения. Методом прокатки можно получить из заготовки деталь необходимой формы, что позволяет не прибегать к дополнительной обработке, а значит, можно снизить расходы металла и ускорить производственный процесс.

Данный вид проката используют в основном в качестве заготовок для различной продукции. К примеру, шестигранный пруток является исходным материалом для изготовления болтов и гаек. Цилиндрические детали вытачивают на токарных станках из круглого проката. Производство оконных рам, различных каркасов и стеллажей не обходится без углового проката.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

### Преимущества:

Важнейшие преимущества сортового проката – это удобство использования в качестве заготовки для кованой продукции, устойчивость к коррозии, хороший эксплуатационный потенциал. Сортовой прокат отлично режется и монтируется. С учетом качества поверхности, изделия классифицируются на те, что не предусмотрены для последующей обработки, предполагающие горячую обработку давлением, а также те, что ориентированы на механическую холодную обработку резанием. Если не учитывать вышеозначенные аспекты (для этого существует специальная маркировка), то можно нанести серьезный ущерб оборудованию, на котором предполагается обрабатывать сортовой прокат.

### Недостатки:

Поверхностные дефекты, которые являются концентраторами напряжений заметно ухудшают пластические и прочностные характеристики проката в процессе его эксплуатации или дальнейшей обработки. Дефекты сортового проката являются одной из главных причин получения продукции плохого качества. При этом наибольшую долю в структуре брака занимают дефекты, перешедшие с исходных заготовок на готовый прокат. Самым распространенным дефектом в таком случае признан неправильный профиль:

- как по точности размеров, так и по очертанию;
- с наличием заусенец (когда из предыдущего в данный калибр поступает раскат большего сечения, в результате — образование закатов на готовом профиле);
- с неправильными очертаниями концов полок угловой стали и невыполненным углом при вершине;
- с разной толщиной полок (при осевом сдвиге валков);
- с невыполненными углами (при квадратной исходной заготовке меньших, чем требуется размеров);

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

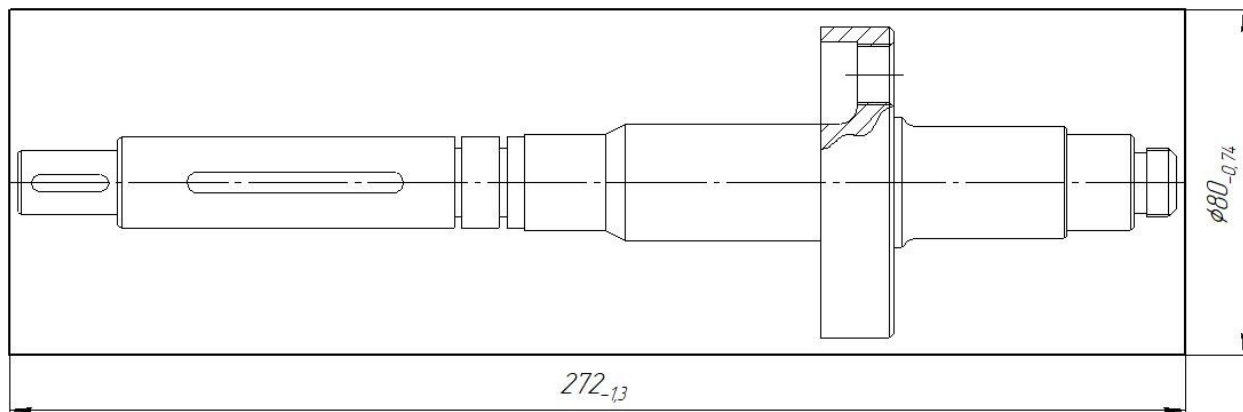


Рисунок 3.3 – Заготовка детали «Фланцевый вал» из проката

Рассчитаем массу проектной заготовки:

$$g_n = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot l \cdot \rho, \text{ (Формула 12)}$$

где  $d$  – диаметр заготовки, мм;

$l$  – длина заготовки, мм;

$\rho$  – плотность материала, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7,85$  г/мм<sup>3</sup>)

$$g_n = \frac{\pi \cdot 80^2}{2} \cdot 272 \cdot 7,85 = 10,8 \text{ кг}$$

$$K_{исп.м} = \frac{1,11}{10,8} = 0,1$$

## 2) Штамповка

Рассчитаем припуска и определим допуски и номинальные размеры штамповки для КГШП. Материал детали является сталь 14X17H1 ГОСТ 5632-2014.

Определим исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависимости от массы поковки, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по ГОСТ 7505-89.

Расчетная масса поковки определяется по формуле:

$$M_{н.р} = M_d \cdot K_p, \quad (3.1)$$

где  $M_{н.р}$  - расчетная масса поковки, кг;

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

$M_d$  - масса детали, кг;

$K_p$  - расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с ГОСТ 7505. [9, табл. 20]

Тогда масса поковки будет иметь следующее значение:

$$M_{n.p} = 1,11 \cdot 1,5 = 1,6 \text{ кг.}$$

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки [9].

Для принятого метода штамповки можно принять класс точности, равный Т4.

При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов. В соответствии [9, табл. 1] можно принять для рассматриваемой стали группу М1.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема)  $G_n$  поковки к массе (объему)  $G_\phi$  геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение её обработанных поверхностей.

В данном случае штамповку описывает фигура в виде цилиндра. Его диаметральный размер  $D_\phi = 72 \cdot 1,05 = 75,6 \text{ мм}$ , а линейный размер  $L_\phi = 268 \cdot 1,05 = 281,4 \text{ мм}$ . Тогда объем цилиндра определится как  $V_\phi = (\pi \cdot 75,6^2 / 4) \cdot 281,4 = 1262517 \text{ мм}^3$ , а его масса  $m_\phi = 1262517 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 9,8 \text{ кг}$ .

Соотношение массы поковки и массы описывающей фигуры будет иметь следующее значение:  $G_n / G_\phi = 1,6 / 9,8 = 0,16$ .

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В соответствии с полученным параметром по [9, прил. 2] можно принять степень сложности поковки С4.

Исходный индекс поковки по известной группе стали, степени сложности и классу точности определяется по [9, табл. 2]. В данном случае он будет равен 12.

По определенному ранее исходному индексу и шероховатости поверхностей детали определяются припуски на поверхности исходной заготовки. Результат выбора оформлен в виде табл. 3.1.

Таблица 3.5 – Основной припуск

Размер детали, мм	Шероховатость Ra, мкм	Припуск на сторону Z, мм
Ø72	3,2	1,7
Ø30	3,2	1,6
Ø26	3,2	1,6
Ø22	0,8	1,8
Ø16	3,2	1,6
Ø22	0,4	1,8
Ø21	3,2	1,6
Ø16	3,2	1,6
268	3,2	2,7
17	3,2	1,6
23	3,2	1,6
85,5	3,2	2,0
10	3,2	1,6
5	3,2	1,6
25,5	3,2	1,6

В зависимости от массы и класса точности поковки назначаются дополнительные припуски на поверхности заготовки. Общие припуски и конечные размеры заготовки для рассматриваемого примера представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.6 – Общий припуск и размеры исходной заготовки, мм

Размер детали	Припуск			Размер заготовки
	Основной	Дополнительный	Общий	
Ø72	1,7	0,2	3,6	Ø75,6
Ø30	1,6	0,2	3,4	Ø33,4
Ø26	1,6	0,2	3,4	Ø29,4
Ø22	1,8	0,2	3,8	Ø25,8



Ø16	1,6	0,2	3,4	Ø19,4
Ø22	1,8	0,2	3,8	Ø25,8
Ø21	1,6	0,2	3,4	Ø24,4
Ø16	1,6	0,2	3,4	Ø19,4
268	2,7	0,2	5,6	273,6
17	1,6	0,2	3,4	20,4
23	1,6	0,2	2,7-1,6	24,0
85,5	2,0	0,2	$2,0+1,6+0,2+0,2/2$	89,4
10	1,6	0,2	$2,7-(1,6+0,1)$	11,0
5	1,6	0,2	1,7-1,6	5,1
25,5	1,6	0,2	1,6-2,0+0,2	26,5

Примечание. Дополнительный припуск учитывает смещение поверхности разъема штампа и коробление заготовки. При этом смещение по поверхности разъема штампа учитывается в диаметральных размерах, а коробление - в линейных размерах.

Результаты выбора допусков для детали «Фланцевый вал» представлены в табл. 3.3. При окончательной записи предельных отклонений для отверстий их необходимо перевернуть, чтобы большая величина предельного отклонения находилась со стороны корки заготовки.

Таблица 3.7 – Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки, мм

Расчетный размер	Допуск	Отклонение		Размер
		Верхнее	Нижнее	
Ø75,6	2,2	+1,4	-0,8	$\text{Ø } 75,6^{+1,4}_{-0,8}$
Ø33,4	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 33,4^{+1,3}_{-0,7}$
Ø29,4	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 29,4^{+1,3}_{-0,7}$
Ø25,8	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 25,8^{+1,3}_{-0,7}$
Ø19,4	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 19,4^{+1,3}_{-0,7}$
Ø25,8	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 25,8^{+1,3}_{-0,7}$
Ø24,4	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 24,4^{+1,3}_{-0,7}$
Ø19,4	2,0	+1,3	-0,7	$\text{Ø } 19,4^{+1,3}_{-0,7}$
273,6	3,6	+2,4	-1,2	$273,6^{+2,4}_{-1,2}$
20,4	2,0	+1,3	-0,7	$20,4^{+1,3}_{-0,7}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

24,0	2,0	+1,3	-0,7	$24,0^{+1,3}_{-0,7}$
89,4	2,5	+1,6	-0,9	$89,4^{+1,6}_{-0,9}$
11,0	2,0	+1,3	-0,7	$11,0^{+1,3}_{-0,7}$
5,1	2,0	+1,3	-0,7	$5,1^{+1,3}_{-0,7}$
26,5	2,0	+1,3	-0,7	$26,5^{+1,3}_{-0,7}$

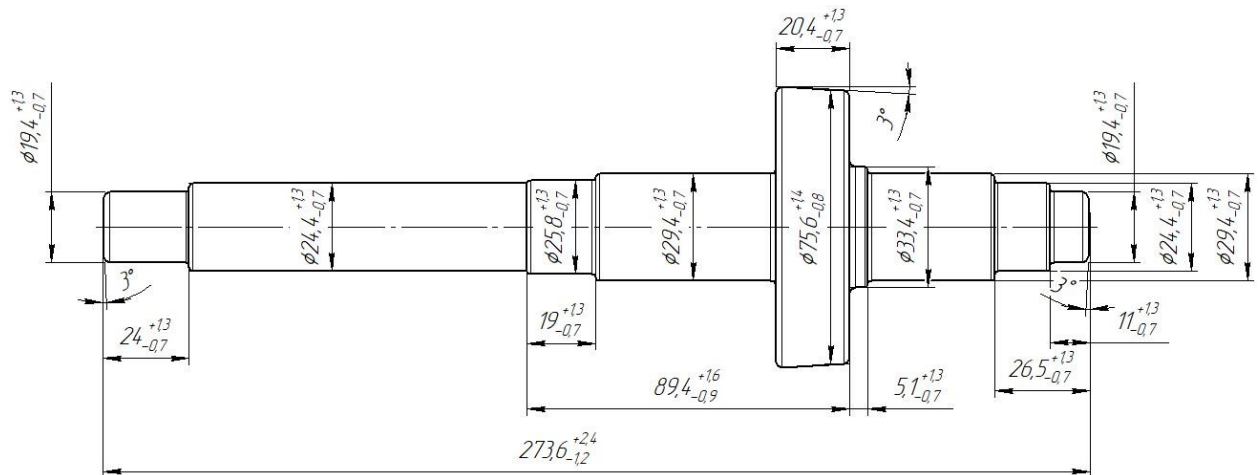


Рисунок 3.4 – Штамповка детали «Фланцевый вал»

Масса заготовки  $g_n = 1,76$  кг

$$K_{исп.м} = \frac{1,11}{1,76} = 0,63$$

## 2.2.2 Экономическое обоснование целесообразности выбранного метода

Величина затрат на черновом этапе обработки определяется по формуле:

$$C_M = g_n C_M - g_0 C_0 + C_{зч} T \left( 1 + \frac{C_n}{100} \right), \text{ (STYLEREF 1 \&3. SEQ Формула \&ARABIC \&14)}$$

где  $C_{зч}$  – средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, руб/чел.ч.;

$C_0$  – цена 1 кг отходов, руб.;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$C_M$ — оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки, руб.;

$g_0$ — масса отходов материала, кг;

$T$ — время черновой обработки заготовки, ч (принято 25% от времени изготовления детали);

$C_H$ — цеховые накладные расходы (приняты для механического цеха 60..80%).

На основе данных расчетов производится окончательный выбор заготовки.

1) Сортовой прокат.

Время черновой обработки заготовки, ч

$$T = 0,00017 \cdot D \cdot L, \text{ (Формула 13. SEQ Формула ARABIC 15)}$$

$$T_1 = 0,00017 \cdot 72 \cdot 17 = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_2 = 0,00017 \cdot 30 \cdot 5 = 0,02 \text{ мин}$$

$$T_3 = 0,00017 \cdot 26 \cdot 35 = 0,15 \text{ мин}$$

$$T_4 = 0,00017 \cdot 22 \cdot 15,5 = 0,06 \text{ мин}$$

$$T_5 = 0,00017 \cdot 16 \cdot 10 = 0,03 \text{ мин}$$

$$T_6 = 0,00017 \cdot 27 \cdot 73 = 0,22 \text{ мин}$$

$$T_7 = 0,00017 \cdot 22 \cdot 19 = 0,07 \text{ мин}$$

$$T_8 = 0,00017 \cdot 21 \cdot 14 = 0,05 \text{ мин}$$

$$T_9 = 0,00017 \cdot 21 \cdot 79,5 = 0,28 \text{ мин}$$

$$T_{10} = 0,00017 \cdot 16 \cdot 23 = 0,06 \text{ мин}$$

$$\sum T = 0,2 + 0,02 + 0,15 + 0,06 + 0,03 + 0,22 + 0,07 + 0,05 + 0,28 + 0,06 = 1,14 \text{ мин}$$

$$C_M = 10,8 \cdot 60 - 9,69 \cdot 8 + 0,55 \cdot 1,14 \left(1 + \frac{60}{100}\right) = 571 \text{ руб.}$$

2) Штамповка

Время черновой обработки заготовки, ч

$$\sum T = 1,14 \text{ мин}$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_M = 1,76 \cdot 260 - 0,65 \cdot 8 + 0,55 \cdot 1,14 \left( 1 + \frac{60}{100} \right) = 453 \text{ руб.}$$

Таблица 3.8 – Результаты расчёта стоимости выбора заготовки

Штамповка	Прокат
$K_{исп.м} = 0,63$	$K_{исп.м} = 0,1$
$C_M = 453 \text{ руб}$	$C_M = 571 \text{ руб}$

Вывод: Коэффициент использования материала штампованной заготовки выше и цена ниже, следовательно, целесообразнее использовать именно штампованную заготовку.

## 2.3 Разработка маршрутного технологического процесса

### 2.3.1 Разработка маршрута обработки поверхности детали

На первом этапе при проектировании технологических маршрутов обработки отдельных поверхностей необходимо пронумеровать каждую поверхность.

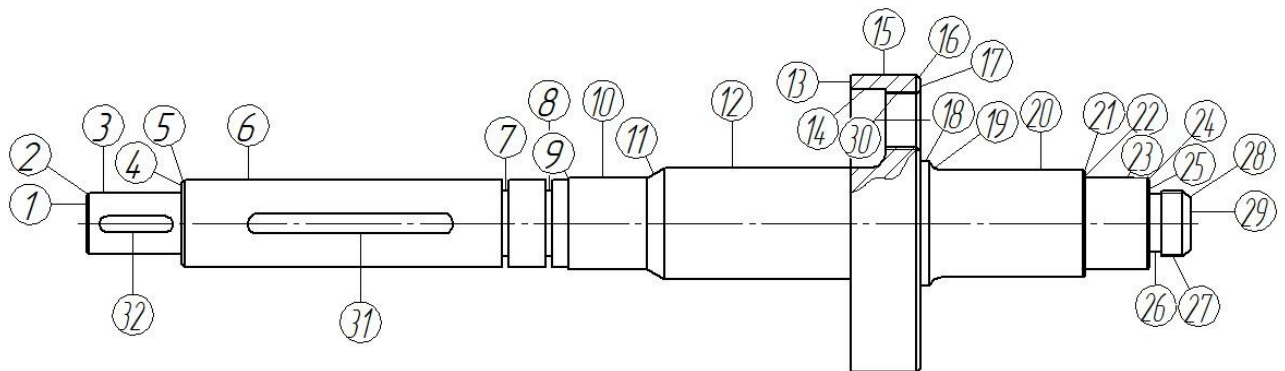


Рисунок 4.5 – Обрабатываемые поверхности детали

Каждая поверхность обладает требованиями точности и качества поверхностного слоя, определим необходимые операции для их достижения и сведём их в таблицу 4,1.

Таблица 4.9 – План обработки отдельных поверхностей

Номер поверхности	Этапы обработки	Точность	Шероховатость
1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13, 14,15,16,17,18,19,21,22, 24,25,26,27,28,29	Точение черновое	IT14	Ra 12,5
	Точение п/чистовое	IT12	Ra 6,3
10	Точение черновое	IT14	Ra 12,5
	Точение п/чистовое	IT12	Ra 6,3
	Точение чистовое	IT10	Ra 3,2
	Шлифование черновое	IT8	Ra 1,6
	Шлифование чистовое	IT8	Ra 0,8
20,23	Точение черновое	IT14	Ra 12,5
	Точение п/чистовое	IT12	Ra 6,3
	Точение чистовое	IT9	Ra 3,2
	Шлифование черновое	IT8	Ra 1,6
	Шлифование чистовое	IT8	Ra 0,8
31,32	Фрезерование черновое	IT12	Ra 6,3
	Фрезерование чистовое	IT9	Ra 3,2
30	Сверление	IT14	Ra 6,3
	Нарезание резьбы	IT14	Ra 3,2

### 2.3.2 Обоснование перечня и последовательности операций ТП

В данной работе рассматривается деталь 71 класса (рисунок 1.1). По технологическим характеристикам деталь представляет собой тело вращения и относится к типу валы т.к. L свыше 2D , подкласс 715000.

Рассмотрим основные операции механической обработки для изготовления вала с типовыми конструктивными элементами и требованиями к ним.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката: рубка прутка на прессе или обрезка прутка на фрезерно-отрезном или другом станке. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования – штамповать или ковать заготовку.

010 Правильная (применяется для проката).

Правка заготовки на прессе. В массовом производстве может производиться до отрезки заготовки. В этом случае правится весь пруток на правильно-калибровочном станке.

015 Термическая.

Улучшение, нормализация.

020 Подготовка технологических баз.

Обработка торцов и сверление центровых отверстий. В зависимости от типа производства операцию производят: в серийном производстве подрезку торцов выполняют отдельно от центрования на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование – на одностороннем или двустороннем центровальном станке. Могут применяться фрезерно-центровальные полуавтоматы последовательного действия с установкой заготовки по наружному диаметру в призм и базированием в осевом направлении по упору.

Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) обработка шеек под люнеты.

025 Токарная (черновая).

Выполняется за два установа на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Производится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности JT12, шероховатости Ra6,3. В зависимости от типа производства операцию выполняют: в серийном – на копировальных токарных станках, горизонтальных многорезцовых, вертикальных одношпиндельных полуавтоматах и станках с ЧПУ;

030 Токарная (чистовая).

Аналогичная приведенной выше. Производится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность JT11... 10, шероховатость Ra3,2.

035 Фрезерная.

Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

040 Сверлильная.

Сверление всевозможных отверстий.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

045 Термическая.

Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

050 Исправление центров (центрошлифовальная).

Перед шлифованием шеек вала центровые отверстия, которые являются технологической базой, подвергают шлифованию конусным кругом на центрошлифовальном станке за два установа.

055 Шлифовальная.

Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках.

060 Моечная.

Промывка деталей на моечной машине.

065 Контрольная.

70 несение антикоррозионного покрытия.

### **2.3.3 Разработка плана операций технологического процесса, выбор оборудования, приспособлений, режущего, вспомогательного и мерительного инструментов.**

Под технологическим маршрутом изготовления детали понимается последовательность выполнения технологических операций (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу) с выбором типа оборудования. На этапе разработки технологического маршрута припуски и режимы обработки не рассчитывают. Рациональный маршрут выбирают с использованием справочных данных и руководящих материалов по типовым и групповым методам обработки.

План операций технологического процесса приведён в таблице 4.2.

Таблица 4.10 – План операций технологического процесса

Операция	Наименование операции	№ переходов по поверхности
----------	-----------------------	----------------------------

005	Заготовительная	-
010	Термическая	-
015	Фрезерно-центровальная	1,2,3,4
020	Токарная с ЧПУ	3,5,6,10,11,12,14,15
025	Токарная с ЧПУ	16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27
030	Токарная с ЧПУ	30,31,32
035	Круглошлифовальная	3,6,10,20,23
040	Моечная	-
045	Контрольная	-
050	Консервация	-

При формировании технологического маршрута устанавливается тип применяемого оборудования (станок токарный, фрезерный, сверлильный и т.д.).

При формировании технологического маршрута устанавливается тип применяемого оборудования (станок токарный, фрезерный, сверлильный и т.д.).

Таблица 4.11 – Проектный маршрут изготовления детали

Опера-ция	Наименование операции	Станок, оборудование	Оснастка
005	Заготовительная	ГКМ	-
010	Термическая	ТВЧ	-
015	Фрезерно-центровальная	МР-71	
020	Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Вращающийся центр, 3-х кулачковый патрон
025	Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Вращающийся центр, 3-х кулачковый патрон
030	Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Неподвижный и вращающийся центра
035	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3М153ДФ2	Повадковый патрон и вращающийся центр
040	Моечная	Моечная машина	-
045	Контрольная	Контрольный стол	-
050	Консервация	Сушильный шкаф	-

В проектируемом варианте технологического процесса применяется более производительное и современное оборудование, широко применяются станки с программным управлением. Заменен вид заготовки с проката на более экономичную и подходящую для серийного типа производства штамповку методом выдавливания, что позволит значительно сократить



время обработки, и лишает технологический процесс лишней токарной операции.

Таблица 4.12 – Средства технологического оснащения

Номер и название операции	Технологическое оборудование	Установочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительный инструмент
015 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок 2Г942	Тиски с призматическим и губками и самоцентрирующимся механизмом	Фреза торцевая 2214-0007 Т15К10 600 ГОСТ 24359-80; Сверло центровочное Р6М5 2317-0111 ГОСТ 14952-75;	ШЦ-II-500-0.1 ГОСТ 166-89
020 Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Вращающийся центр, 3-х кулачковый патрон	Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877-73; Резец 2101-0005 Т15К6 ГОСТ 18879-73 Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80 с пластиной из твердого сплава Т15К6 01816-190605-130 ГОСТ 19062-82; Резец 2130-0251 ВК6 ГОСТ 18884-73 Резец 2141-4158 Т15К6 ГОСТ 18883-73;	Калибр-пробка 8133-0901/002 Н12 ГОСТ 14810-69 Калибр-скоба 8102-0108 h9 ГОСТ 18360-93 Калибр-скоба 8102-0121 h9 ГОСТ 18360-93 ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89
025 Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Вращающийся центр, 3-х кулачковый патрон	Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877-73; Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80 с пластиной из твердого сплава Т15К6 01816-190605-130 ГОСТ 19062-82; Резец 2660-0003-1,5 Т15К6 ГОСТ 18885-73	Калибр-пробка 8133-0901/002 Н12 ГОСТ 14810-69 Калибр-скоба 8102-0118 h9 ГОСТ 18360-93 Калибр-скоба 8102-0114 h9 ГОСТ 18360-93 Кольцо 8211-0068 6g ГОСТ 17763-72 ШЦ-II-250-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

				0.05 ГОСТ 166-89
030 Токарная с ЧПУ	ТОЦ ТС1720Ф4	Неподвижный и вращающийся центра	Фреза 2-1-А-1-10- 69 ГОСТ 32831- 2014 Фреза 2,5-1-А-1- 10-69 ГОСТ 32831- 2014 Сверло 2300 -6361 -А1 ГОСТ 10902- 77 Метчик 2621-1533 А1 ГОСТ 3266-81	Калибр-пробка 8133-0906 Н9 ГОСТ 14810- 69 Калибр-пробка 8133-0910 Н9 ГОСТ 14810- 69 Калибр-пробка 8133-0926 Н12 ГОСТ 14810- 69 Пробка 8221- 3060 6Н ГОСТ 17758-72 ШЦ-І-150-0.05 ГОСТ 166-89
035 Круглошли- фовальная	Круглошлифова льный 3М153ДФ2	Неподвижный и вращающийся центра	1 200х50х40 24А 10-П С2 7 КПП 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Калибр-скоба 8102-0108 h7 ГОСТ 18360- 93 Калибр-скоба 8102-0113 h7 ГОСТ 18360- 93 Калибр-скоба 8102-0114 k6 ГОСТ 18360- 93 Калибр-скоба 8102-0118 k6 ГОСТ 18360- 93

Замена станков, уменьшает время на обработку детали, за счет уменьшения времени настройки, уменьшает производительную стоимость детали за счет принятия на работу менее квалифицированного рабочего, уменьшает общую стоимость капитальных вложений

В базовом технологическом процессе применялись токарно-винторезные станки модели 16К20, вертикально-фрезерный станок модели 6Р12, сверлильный станок модели 2М112, круглошлифовальный станок модели 3М151, и фрезерно-центровальный станок модели МР-71.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

В разработанном технологическом процессе предлагается объединить токарные, фрезерную и сверлильную операции на токарную с ЧПУ, за счёт применения токарного обрабатывающего центра модели TC1720Ф4 производства Тверского станкостроительного завода, Россия.

ТС1720Ф4 предназначен для следующей обработки фланцев, валов и деталей из прутка:

- автоматическая обработка внутренних и внешних цилиндрических, конусообразных, радиусных и торцевых поверхностей;
- точение канавок и выемок валов, дисков;
- нарезание метрических, дюймовых и конусных резьб;
- выполнение сверлильных и фрезерных операции в радиальном и осевом направлениях.

На круглошлифовальную операцию выбран круглошлифовальный станок с ЧПУ 3М153ДФ2

Прежде чем принять решение о методах и последовательности обработки отдельных поверхностей детали и составить технологический маршрут ее изготовления, необходимо определить себестоимость обработки по отдельным вариантам и выбрать наиболее рациональный из них для данных условий производства.

Технические характеристики по станкам токарной группы базового и проектного технологического процесса приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.13 – Технические характеристики по станкам токарной группы базового и проектного технологического процесса

Наименование параметра	16K20	ТС1720Ф4
Основные параметры станка		
Наибольший диаметр заготовки типа диск над станиной, мм	400	320
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220	13..300
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	215	480
Наибольшая длина изделия устанавливаемого в центрах (РМЦ), мм	710	615

Наибольший вес заготовки, кг	200	350
Шпиндель		
Диапазон скоростей шпинделя, об/мин	70...2500	50...4200
Мощность электродвигателя главного привода - длительно/ до 30 минут, кВт (об/мин)	11	13,5/ 30,5
Наибольший продолжительный крутящий момент на шпинделе не менее, Нм	110	164
Наибольший кратковременный (до 30 минут) крутящий момент на шпинделе не менее, Нм	250	355
Тип электродвигателя главного привода	3-х фазный	серво
Центр шпинделя передней бабки по ГОСТ 13214-67	Морзе 6	метрический 70
Конец (торец) шпинделя по ГОСТ	-	A2-6
Диаметр 3х кулачкового патрона, мм	8" (210 мм)	8" (210 мм)
Диаметр отверстия шпинделя, мм	52	63
Максимальный диаметр прутка, мм	50	48
Внутренний диаметр подшипника шпинделя, мм	90	100
Оси. Подачи		
Наибольшее продольное перемещение суппорта (Z), мм	645	500
Наибольшее поперечное перемещение суппорта (X), мм	300	200
Диапазон скоростей продольных подач, м/мин	0...12	0...15
Диапазон скоростей поперечных подач, м/мин	0...10	0...15
Скорость быстрых продольных (Z)/ поперечных (X) ходов, м/мин	15/15	30/ 30
Диаметр винта ШВП/шаг ось X, мм	-	32/ 10
Диаметр винта ШВП/шаг ось Z, мм	-	40/ 10
Точность позиционирования по осям X/Z, мм	±0,01	±0,005
Повторяемость позиционирования осей X/Z, мм	±0,01	±0,003
Тип мотора и мощность по оси X, кВт	-	серво 2,3
Тип мотора и мощность по оси Z, кВт	-	серво 2,3
Тип направляющих X	-	качения (Hiwin)
Тип направляющих Z	-	качения (Hiwin)
Угол наклона станины, град	-	30°
Ширина направляющих, мм	-	Z 445 x 275
Резцедержка. Револьверная головка		
Количество позиций на поворотной резцедержке (число инструментов в револьверной головке)	4	12
Тип резцедержки	-	серво (макс 50/ номин. 10.5 Нм)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ

Лист

36

Размер хвостовика режущего инструмента, мм	-	VDI30 по Din 5482 (под резец 20x20), ER25 у приводного
Мощность электродвигателя приводного инструмента, кВт	-	3,3
Обороты приводного инструмента, об/мин -	-	4500
Задняя бабка		
Перемещение задней бабки, мм	500	415
Выдвижение пиноли задней бабки, мм	150	100
Диаметр пиноли, мм		63
Конус пиноли механической задней бабки, №	Морзе 5	Морзе 4
Параметры системы ЧПУ		
Обозначение системы ЧПУ	-	Siemens 828
Число координат	2	4
Количество одновременно управляемых координат	-	2
Электрооборудование станка		
Суммарная мощность станка, кВт	11,15	38
Габариты и масса станка		
Габаритные размеры станка с ЧПУ (длина, ширина, высота), мм	2795 × 1190 × 1500	2290 × 1930 × 1780
Масса станка с ЧПУ, кг	3010	3900

Экономическое сравнение вариантов оборудования сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.14 – Экономическое сравнение вариантов оборудования

Название станка	16K20	TC1720Ф4
Масса станка, т	3,01	3,9
Оптовая цена руб.	580000	3500000
Установочная мощность электродвигателя, кв.	11	18
Площадь станка	3,4	4,5
Коэффициент загрузки станка %	0,8	0,75
Категория ремонтной сложности	Рм= 35,Рэ= 30	Рм=26,Рэ=46
Трудоемкость оперативного времени	8,6	7,4
Количество станков обслуживающих 1 рабоч.	1	2
Трудоемкость оперативного времени (Тшт), мин	55,15	25,55
Время наладки станка $t_n$ , мин	15	10
Средний период стойкости инструмента Т, мин	60	
Разряд рабочих:		
-контролера;	5	5
-станочника;	4	3
-наладчика;	3	5
-настройщика инструмента;	-	4
Годовая программа	2000	
Тип производства	Массовое	
Среднечасовая зарплата, руб:		
-контролера $H_{к.ч}$ ;	130	130

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ

Лист

37

-станочника $H_{с.ч.}$ ;	120	100
-наладчика $H_{нач.}$ ;	125	120
-настройщика $H_{н.ч.}$ ;	-	140
Стоимость разработки управляющей программы, руб.	-	350

Таблица 4.15 – Данные по площадям

Наименование показателя	16K20	ТС1720Ф4
Стоимость 1 $m^2$ служебно бытовых помещений, $Ц_{пл.бн.}$ , руб	1500	1500
Стоимость 1 $m^2$ площади механического цеха, $Ц_{пл.мц.}$ , руб	2500	2500
Площадь служебно бытовых помещений на 1-го рабочего, $A_{бн.}$ , руб	7	7
Затраты на содержание и арматизационные расходы на 1 $m^2$ цеха	800	800
Бытового строительства приходящегося на 1 рабочего, $Ц_{ж.}$ , руб	5500	5500

Таблица 4.16 – Расчет капитальных вложений

Наименование показателя	16K20	ТС1720Ф4
Балансовая стоимость оборудования $K_б$ , руб.	$K_б = C \cdot 1,1 \cdot \beta$	
	$K_б = 580000 \cdot 1,1 \cdot 0,1 = 63800$	$K_б = 3500000 \cdot 1,1 \cdot 0,1 = 38500$
Затраты на площадь занимаемую оборудованием $C_{з.о.}$ , руб.	$C_{з.о.} = Ц_{пл.зо} \cdot \beta \cdot K_{пл} \cdot \beta$	
	$C_{з.о.} = 2500 \cdot (3,4 + 0) \cdot 4,5 \cdot 0,1 = 3825$	$C_{з.о.} = 2500 \cdot (4,5 + 1,4) \cdot 4 \cdot 0,06 = 3540$
Затраты на служебно-бытовые помещения $C_{лб}$ , руб.	$C_{лб} = Ц_{пл.б} \cdot A_б \cdot R_{общ}$	
	$C_{лб} = 1500 \cdot 6 \cdot 3 = 31500$	$C_{лб} = 1500 \cdot 6 \cdot 2 = 21500$
Стоимость жилищно и культурно-бытового строительства $C_{ж.}$ , руб.	$C_{ж.} = Ц_{ж.} \cdot R_{общ}$	
	$C_{ж.} = 5500 \cdot 3 = 16500$	$C_{ж.} = 5500 \cdot 2 = 11000$
Затраты на разработку ПУ $C_{пу}$ , руб.	-	350
Итого $C_{общ.}$ , руб.	115625	421390

## 2.4 Разработка операционного технологического процесса

### 2.4.1 Выбор технологических баз и назначение операционных размеров

При выборе технологических баз следует руководствоваться следующими принципами:

- 1) Конструкторские базы по возможности должны совпадать с технологическими;
- 2) Для более точных операций должны использовать точные базы;
- 3) Базу и обрабатываемую поверхность должны связывать как можно меньше размеров.

Используя принятый ранее технологический маршрут изготовления детали, процесс обработки можно разделить на следующие этапы:

- 1) Токарная обработка наружных диаметров;
- 2) Сверление отверстий и нарезание резьбы;
- 3) Фрезерование шпоночных пазов;
- 4) Шлифование наружных диаметров;

В самом начале механической обработки деталь закрепляется за необработанные поверхности (черновые базы) и производится подготовка поверхностей под чистовые базы, за которые деталь будет закрепляться на последующих операциях.

Комплект черновых и чистовых баз при установке в трехкулачковом патроне.

Для ориентации (базирования) заготовки на первом установе токарной операции в качестве черновых баз выбраны необработанные цилиндрическая поверхность 15 и торец 29.

Поверхность 29 принята в качестве установочной базы. Она лишает заготовку 3 степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно двух других осей).

Поверхность 15 принята в качестве двойной опорной базы. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух осей).

Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Комплект черновых на втором установе токарной операции

В качестве чистовых баз выбраны обработанные цилиндрическая поверхность 12 и торец 13.

Поверхность 13 принята в качестве установочной базы. Поверхность 12 принята в качестве двойной опорной базы.

Дальнейшая токарная обработка проводится в центрах, общая ось которых с конической поверхностью одного из них образует требуемую базу.

На круглошлифовальную операцию выбраны те же базы, что и на токарные.

При проектировании технологической операции выполняют следующие взаимосвязанные работы: выбирают структуру построения операции механической обработки; уточняют содержание технологических переходов в операции.

Отдельная технологическая операция проектируется на основе принятого технологического маршрута, схемы базирования и закрепления заготовки на операции, данных о точности и шероховатости поверхностей до и после обработки на данной операции, припусков на обработку, такта выпуска или размера партии деталей (в зависимости от типа производства).

Таблица 5.17 – Технологический процесс изготовления детали

Номер операции	Название операции	Содержание операции (технологические переходы)
005	Заготовительная	По технологии штампового производства
010	Термическая	Отжиг НВ $10^{-1} = 285$ МПа
015	Фрезерно-	Установить и закрепить заготовку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

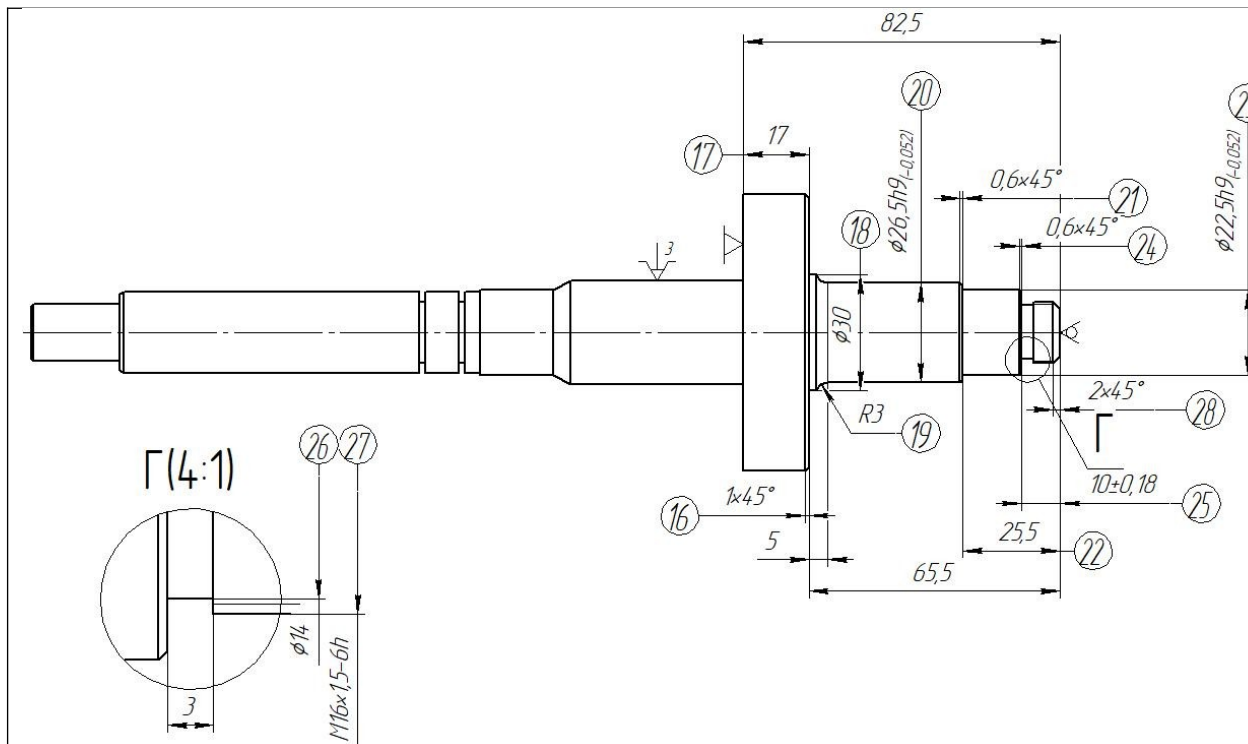


	центральная	Фрезеровать торцы 1 и 2 в размер, сверлить центровочные отверстия 3 и 4

020	Токарная с ЧПУ	Установить и закрепить заготовку Точить пов.15 на проход Точить пов.3,6,10,12 с подрезкой торцев 4,9,11,13 Точить фаски 5 и 11 Точить канавки 8 выдерживая р-р 1,6 мм Расточить пов.14 выдерживая р-р 8,5 мм и r=4 мм
-----	----------------	--

--	--	--

025	Токарная с ЧПУ	Установить и закрепить заготовку Точить пов.27,23,20,18 с подрезкой торцев 25,22,16 и пов.19 Точить канавку 26 выдерживая р-р b=3,0 мм Точить фаски 24 и 21 Точить резьбу M16x1,5-6h
-----	----------------	--



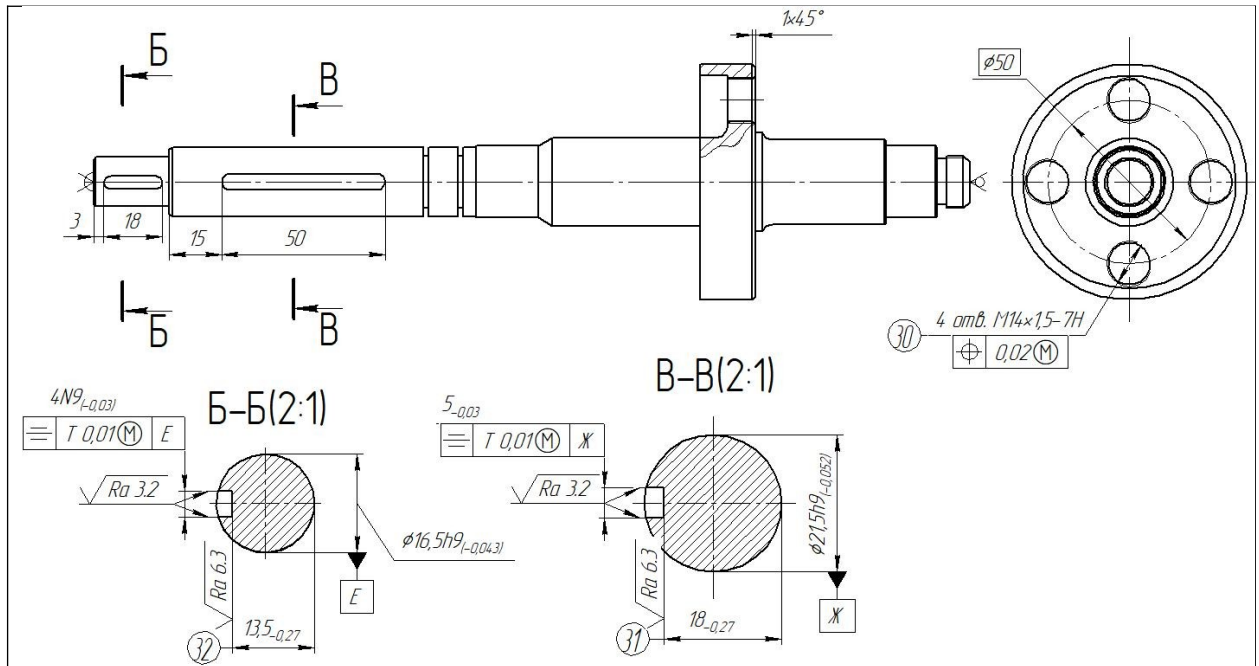
030	Токарная с ЧПУ	<p>Установить и закрепить заготовку          Установ А          Фрезеровать шпоночный паз 32          Фрезеровать шпоночный паз 31          Установ Б          Переустановить заготовку          Сверлить под резьбу пов.30          Снять фаску 1x45°          Нарезать резьбу М14х1,5-7Н          Сверлить под резьбу пов.30          Снять фаску 1x45°          Нарезать резьбу М14х1,5-7Н          Сверлить под резьбу пов.30          Снять фаску 1x45°          Нарезать резьбу М14х1,5-7Н          Сверлить под резьбу пов.30          Снять фаску 1x45°          Нарезать резьбу М14х1,5-7Н</p>
-----	----------------	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

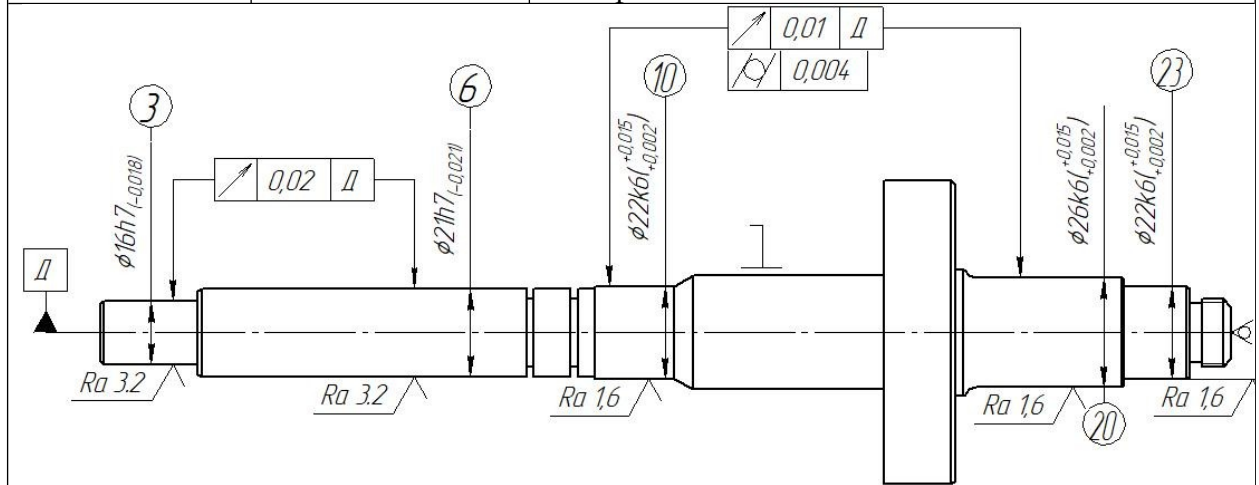
15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ

Лист

42



035	Круглошлифовальна	Установить и закрепить заготовку Установ А Шлифовать пов. 3,6,10 Установ Б Переустановик заготовку Шлифовать пов. 20 и 23
-----	-------------------	--



035	Мочная	Промыть деталь
040	Контрольная	Технический контроль
045	Консервация	Нанесение антикоррозионного покрытия

### 2.4.2 Расчет диаметральных операционных размеров назначение припусков на обработку

Аналитический метод расчета применяют для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода

материала для каждого конкретного случая с учетом всех требований промежуточных операций.

Величина общего припуска составляется из величины:

- 1) Толщина поверхностного дефектного слоя, подлежащего снятию на первой черновой операции ( $T_a$ );
- 2) Сумма операционных припусков;
- 3) Величина отрицательного отклонения номинального размера заготовки.

Величина отрицательного припуска составляется из величины:

Толщина поверхностного дефектного слоя, которая остается от предшествующей операции ( $T_{ai-1}$ );

Высота микронеровностей, которые остались от предшествующей операции ( $R_{zi-1}$ );

Величина пространственных отклонений (непараллельных, перпендикулярных) биения, которые остались от предшествующей операции ( $\rho_a^{i-1}$ ).

Погрешность установки, которая получилась на выполняемом переходе ( $\varepsilon_y$ ).

Расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку складывается на анализе факторов, влияющих на припуски процесса обработки поверхности. Значение размеров, определяющих положение обрабатываемой поверхности и размеры заготовки, рассчитываются с использованием припуска.

Выполним расчёт операционных припусков на поверхность  $\varnothing 25 h6_{(-0,013)}$  аналитическим методом.

Значение  $\rho_a$  определяем по формуле:

$$\rho_a = KL, \quad (5.2)$$

где  $K$  – величина удельного отклонения расположения:

для заготовки  $K = 0,5 \text{ мкм/мм}$ ;

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

для точения черногого  $K=0,06$  мкм/мм;

для точения п/чистового  $K=0,05$  мкм/мм;

для точения чистового  $K=0,04$  мкм/мм;

для шлифования  $K=0,03$  мкм/мм;

$L$  – расстояние от сечения, для которого определяется величина отклонения расположения до места крепления заготовки;

$$L=22 \text{ мм}$$

$$\rho_a=0,5 \cdot 22=11$$

$$a^I=0,06 \cdot 11=0,7$$

$$a^{II}=0,05 \cdot 0,7=0,033$$

$$a^{III}=0,04 \cdot 0,033=0,026$$

$$a^{IV}=0,03 \cdot 0,026=0,0008$$

Полученные значения  $\rho_a$  заносим в таблицу.

Заготовка базируется в трех кулачковом патроне, величину погрешности установки на заготовку  $\varepsilon_y$  берем из справочной литературы:

- для точения черногого h12:  $\varepsilon_y^I=130$  мкм

- для точения п/чистового h10:  $\varepsilon_y^{II}=0,06 \cdot \varepsilon_y^I + \varepsilon_{инд.} = 58$  мкм

- для точения чистового h8:  $\varepsilon_y^{III}=0,04 \cdot \varepsilon_y^I + \varepsilon_{инд.} = 50$  мкм

- для шлифования h6:  $\varepsilon_y^{IV}=0,04 \cdot \varepsilon_y^{III} + \varepsilon_{инд.} = 25$  мкм

где  $\varepsilon_{инд.}$  - погрешность индексации  $\varepsilon_{инд.}=50$  мкм

Полученные значения  $y$  заносим в таблицу.

Рассчитываем минимальный припуск:

$$2 Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{a_{i-1}} + \sqrt{\rho_a^2 + \varepsilon_y^2}), \quad (5.3)$$

где  $Z_{i \min}$  - наименьший припуск на сторону;

$R_{z_{i-1}}$  - шероховатость, полученная на предыдущем переходе;

$T_{a_{i-1}}$  - глубина дефектного слоя поверхности заготовки после предыдущего перехода;

$\rho_a$  - суммарное отклонение расположения поверхности на предыдущем переходе;

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\varepsilon_y$  - векторная сумма поверхностей установки и базирования детали на выполненном переходе.

- для точения чернового h12:

$$2 Z_{imin} = 2(40 + 130 + \sqrt{11^2 + 130^2}) = 660 \text{ мкм}$$

- для точения п/чистового h10:

$$2 Z_{imin} = 2(20 + 58 + \sqrt{0,7^2 + 58^2}) = 316 \text{ мкм}$$

- для точения чистового h8:

$$2 Z_{imin} = 2(10 + 50 + \sqrt{0,033^2 + 50^2}) = 200 \text{ мкм}$$

- для шлифования h6:

$$2 Z_{imin} = 2(6.3 + 25 + \sqrt{0,026^2 + 25^2}) = 110 \text{ мкм}$$

Полученные значения  $2 Z_{imin}$  заносим в таблицу.

Определяем расчетный минимальный размер для последнего технологического перехода:

$$d_p = d_{max} - \delta, \quad (5.4)$$

$$d_p = 26 + 0,006 = 26,006 \text{ мм}$$

Определяем промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям по формуле:

$$d_{m \in i} = d_p + 2Z_{imin} i, \quad (5.5)$$

$$d_{min} = 26,006 + \frac{110}{1000} = 26,116 \text{ мм.}$$

$$d_{min} = 26,116 + \frac{200}{1000} = 26,316 \text{ мм}$$

$$d_{min} = 26,316 + \frac{316}{1000} = 26,632 \text{ мм}$$

$$d_{min} = 26,632 + \frac{660}{1000} = 27,293 \text{ мм}$$

Полученные значения заносим в таблицу для последнего технологического перехода.

Определяем максимальные предельные размеры по технологическим переходам, вычитая значения допуска от максимальных значений:

$$d_{max} = d_{min} + i, \quad (5.6)$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_{max} = 26,006 + 0,009 = 26,015 \text{ мм}$$

$$d_{max} = 25,097 + 0,033 = 26,149 \text{ мм}$$

$$d_{max} = 25,297 + 0,084 = 26,4 \text{ мм}$$

$$d_{max} = 25,613 + 0,21 = 26,842 \text{ мм}$$

$$d_{max} = 26,311 + 0,52 = 27,813 \text{ мм}$$

Определяем предельные припуски  $Z_{max}$  как разность наименьших предельных размеров и  $Z_{min}$  как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов:

$$Z_{max} = (27,813 - 26,842) \cdot 1000 = 971 \text{ мкм}$$

$$Z_{max} = (26,842 - 26,400) \cdot 1000 = 442 \text{ мкм}$$

$$Z_{max} = (26,400 - 26,149) \cdot 1000 = 251 \text{ мкм}$$

$$Z_{max} = (26,149 - 26,015) \cdot 1000 = 134 \text{ мкм}$$

$$Z_{min} = (27,293 - 26,632) \cdot 1000 = 661 \text{ мкм}$$

$$Z_{min} = (26,632 - 26,316) \cdot 1000 = 316 \text{ мкм}$$

$$Z_{min} = (26,316 - 26,116) \cdot 1000 = 200 \text{ мкм}$$

$$Z_{min} = (26,116 - 26,006) \cdot 1000 = 110 \text{ мкм}$$

Полученные данные заносим в сводную таблицу 5.2.

Таблица 5.18 – Расчет припусков и предельных размеров на  $\varnothing 25 h6_{(-0,013)}$

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мм				Расчетный припуск мкм	Расчетный размер мм	Допуск мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения	
	Ra	Ta	$\rho_a$	Ey				$d_{max}$ мм	$d_{min}$ мм	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка, h14	80	120	11,0			27,293	520	27,813	27,293		
Точение черновое, h12	40	60	0,7	130	660	26,632	210	26,842	26,632	971	661
Точение п/чистовое, h10	20	30	0,033	58	316,00	26,316	84	26,400	26,316	442	316
Точение	10	20	0,0	50	200,	26,116	33	26,14	26,11	251	200

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

чистовое, h8			26					9	6		
Шлифовани е, k6	6,3	15	-	25	110	26,006	9	26,01 5	26,00 6	134	110
Итого										1798	1287

Произведем проверку правильности выполненных расчетов:

$$2 Z_{max} - 2 Z_{min} = \square_{заг} - \square_{дет} , \quad (5.7)$$

$$2 Z_{max} - 2 Z_{min} = 1798 - 1287 = 511 \text{ мкм}$$

$$\square_{заг} - \square_{дет} = 520 - 9 = 511 \text{ мкм}$$

Условие выполняется.

### 2.4.3 Расчет режимов резания и основного технологического времени

Расчет режимов резания для одного технологического перехода и назначение режимов резания по нормативам для остальных переходов

Операция 020 Токарная с ЧПУ. Подрезать торец 1

1. Материал режущей части – Т15К6 (ГОСТ 3882-74). Выбираем четырехгранную пластину по ГОСТ 19049-80 [3, табл. 4.13, с. 128]. Основные размеры:  $l = 9,525$  мм;  $d = 9,525$  мм;  $S = 3,18$  мм;  $r = 0,8$  мм [3, табл. 4.15, с. 138].

2. Геометрические параметры резца:

главный передний угол  $\gamma = 10^\circ$ ;

главный задний угол  $\alpha = 10^\circ$ ;

главный угол в плане  $\phi = 45^\circ$ ;

вспомогательный угол в плане  $\phi_1 = 45^\circ$ ;

радиус вершины лезвия  $r = 0,5$  мм.

3. Глубина резания

$t = 2,8$  мм (черновое точение).

4. Подача

$S = 1,3$  мм/об [1, табл. 13, с. 366].

5. Скорость резания

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \text{ (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 17)}$$

где  $T = 60$  мин;

$$C_v = 280; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,5 \text{ [1, табл. 17, с. 367].}$$

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV}, \text{ (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 18)}$$

где  $K_{mV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 1$  [1, табл. 1, 2, с. 359];

$$K_{nV} = 1 \text{ [1, табл. 5, с. 361];}$$

$$K_{uV} = 1 \text{ [1, табл. 6, с. 361].}$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,$$

$$v = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 2 \cdot 8^{0,15} \cdot 1 \cdot 3^{0,45}} = 93 \text{ м/мин}$$

## 6. Частота вращения заготовки

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 16} = 987,3 \text{ об/мин. (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 19)}$$

### 6.1. Определение действительной частоты вращения

$$n_d = 1000 \text{ об/мин (приложение Б).}$$

### 6.2. Фактическая скорость резания

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/мин. (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 10)}$$

## 7. Сила резания

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \text{ (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 111)}$$

где  $C_p = 300; x = 1; y = 0,75; n = -0,15$  [1, табл. 22, с. 372].

$$K_p = K_{mP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \text{ (STYLEREF 1 \&5. SEQ Формула \& ARABIC \& 112)}$$

где  $K_{mP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v} = \left( \frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$  [1, табл. 9, 10, с. 362];

$$K_{\varphi P} = 1;$$

$$K_{\gamma P} = 1; K_{\lambda P} = 1; K_{rP} = 0,87 \text{ [1, табл. 23, с. 374].}$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,87,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 1 \cdot 3^{0,75} \cdot 94,2^{-0,15} \cdot 0,87 = 4820,7 \text{ Н.}$$

## 8. Мощность резания

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{4820,7 \cdot 94,2}{1020 \cdot 60} = 7,4 \text{ кВт. (STYLEREF 1 \& 5.SEQ Формула \& ARABIC \& 113)}$$

$$N_{CT} = \eta \cdot N_{\text{дв}}, \quad (5.8)$$

где  $N_{\text{дв}}$  - мощность электродвигателя главного привода станка, кВт;

$\eta$  - КПД станка.

$$N_{CT} = 0,9 \cdot 7,4 = 6,6 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания являются допустимыми.

Режимы резания для других операций и переходов рассчитываются аналогично и сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.19 – Результаты расчета режимов резания

Номер и наименование операции	t, мм	D, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин
015 Фрезерно-центровальная	2	19,4	0,6	169,5	900
	2,5	5	0,3	14,3	900
020 Токарная с ЧПУ	2,8	16	1,3	94,2	1000
	2	4	0,6	169,5	900
	1,8	72	0,3	14,3	900
	1,6	27	0,5	300	2100
	0,6	0,6	0,1	250	2100
	1,6	16	0,5	200	1500
	3,0	65	0,5	200	1500
025 Токарная с ЧПУ	2,8	16	1,3	94,2	1000
	2	4	0,6	169,5	900
	1,8	72	1,0	400	2200
	1,6	14	0,5	350	2200
	2,0	2	0,5	200	1800
	1,5	16	0,5	200	1500
030 Токарная с ЧПУ	5,0	5	0,27	300	1200
	4,0	4	0,27	300	1200
	5,25	10,5	0,6	45	900
	1,5	12	0,5	35	700
035 Круглошлифовальная	0,16	16	0,5	кр=30м/с д=50м/мин	кр=3820 д=245
	0,16	21	0,5	кр=30м/с д=50м/мин	кр=3820 д=265
	0,16	22	0,5	кр=30м/с д=50м/мин	кр=3820 д=289
	0,16	26	0,5	кр=30м/с д=50м/мин	кр=3820 д=289
	0,16	22	0,5	кр=30м/с	кр=3820

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

#### 2.4.4 Нормирование технологического процесса

Норма штучного времени на операцию на станках с ЧПУ определяется по следующей формуле:

$$T_{шт.} = T_{a.ц.} + T_{всп.} \cdot K_t \cdot \left(1 + \frac{t_{обсл.} + t_{отд.}}{100}\right), \quad (STYLEREF 1 \ S5 SEQ Формула \ ARABIC \ 115)$$

где  $T_{a.ц.}$  – время цикла автоматической работы по программе, мин;

$T_{всп.}$  – вспомогательное время, мин;

$K_t$  – поправочный коэффициент на вспомогательное время,  $K_t = 1,0$ ;

$t_{отд.}$  – время на отдых и личные надобности,  $t_{отд.} = 5\%$ ;

$t_{обсл.}$  – время на обслуживание рабочего места,  $t_{обсл.} = 5\%$ .

Время цикла автоматической работы по программе определяется по формуле:

$$T_{a.ц.} = T_o + T_{мв}, \quad (STYLEREF 1 \ S5 SEQ Формула \ ARABIC \ 116)$$

где  $T_o$  – основное машинное время всех переходов;

$T_{мв}$  – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод инструмента от исходных точек зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, время технологических пауз).

Основное машинное время на операцию обработки определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L + l_{вр} + l_{пер}}{S \cdot n} \cdot i, \quad (STYLEREF 1 \ S5 SEQ Формула \ ARABIC \ 117)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$  – величина врезания инструмента, мм;

$l_{пер}$  – свободный выход инструмента, мм;

$n$  – число оборотов шпинделя в минуту, об/мин;

$S$  – подача инструмента, мм/об;

$i$  – число проходов.

Суммарное основное (технологическое) время на операцию определяется по формуле:

$$T_o = \sum_i^n T_{oi}, \text{ (STYLEREF 1 \&5.SEQ Формула \& ARABIC \& 118)}$$

где  $T_{oi}$  – основное (технологическое) время на  $i$  – ый переход;

$n$  – количество проходов;

Время выполнения ручной вспомогательной работы

$$T_B = T_{в.уст.} + T_{в.оп.} + T_{в.изм.}, \text{ (STYLEREF 1 \&5.SEQ Формула \& ARABIC \& 119)}$$

где  $T_{в.уст.}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали,  $T_{в.уст.} = 0,1$  мин;

$T_{в.оп.}$  – вспомогательное время, мин;

Вспомогательное время, связанное с операцией, не вошедшее во время цикла автоматической работы станка по программе, предусматривает выполнение следующей работы:

- установить заданное взаимное положение детали и инструмента по координатам, и в случае необходимости произвести повторную настройку, 0,05 мин;

- включить и выключить программу ЧПУ, 0,1 мин;

- проверить приход детали или инструмента в заданную точку после обработки, 0,05 мин;

- установить защитный щиток от брызг эмульсии и снять, 0,1 мин.

$$T_{в.оп.} = 0,05 + 0,1 + 0,05 + 0,1 = 0,3 \text{ мин.}$$

$T_{в.изм.}$  – вспомогательное время на измерение, мин.

Необходимые размеры деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ, обеспечиваются в автоматическом цикле обработки.

В связи с этим время на контрольные измерения (после окончания работы по программе)  $T_{в.изм.}$  должно включаться в норму штучного времени только в том случае, если это предусмотрено технологическим процессом и с учётом необходимой периодичности таких измерений в процессе работы, и

только в тех случаях, если оно не может быть перекрыто временем цикла автоматической работы станка по программе.

Так как время на контрольные измерения перекрывается временем цикла автоматической работы станка по программе, то  $T_{в.изм.} = 0$ .

$$T_B = 0,1 + 0,3 + 0 = 0,4 \text{ мин.}$$

Машинно-вспомогательное время, связанное с переходом, определяется по паспортным данным станков и входит в качестве составляющих элементов во время автоматической работы станка.

Ввести коррекцию, 0,1 мин;

Смена инструмента, 0,05 мин;

Подвод инструмента от исходных точек зоны обработки и отвод, 0,04 мин.

Результаты нормирования операций сводим в таблицу 11.1.

Таблица 5.20 – Результаты нормирования операций

№ и наименование операции	$t_O$	$t_B$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$n$ , шт.	$T_{шт-к}$
015 Фрезерно-центровальная	1,2	0,64	2,2	15,0	60	2,9
020 Токарная с ЧПУ	3,8	2,0	8,8	12,5		10,3
025 Токарная с ЧПУ	1,2	0,64	2,2	12,5		2,9
030 Токарная с ЧПУ	1,53	0,6	2,05	12,5		2,4
035 Круглошлифовальная	4,06	2,39	10,3	15,0		11,6

## 2.4.5 Определение количества необходимого оборудования и его загрузки

Для каждого станка в технологическом процессе должны быть подсчитаны коэффициент загрузки и коэффициент использования станка по основному времени.

1. Коэффициент загрузки станка

$$\eta_{эф} = \frac{m_p}{P} \cdot 100\%, \text{ (Формула 20)}$$

где  $m_p$  - расчетное количество станков (данные берем из пункта 2.2)

$P$  – принятое количество станков (данные берем из пункта 2.2)

Для Фрезерно-центровальной

$$\eta_{эф} = \frac{0,12}{1} \cdot 100\% = 12\%$$

Для Токарной черновой операции

$$\eta_{эф} = \frac{0,17}{1} \cdot 100\% = 17\%$$

Для Токарной чистовой операции

$$\eta_{эф} = \frac{0,15}{2} \cdot 100\% = 15\%$$

Для Фрезерной операции

$$\eta_{эф} = \frac{0,14}{1} \cdot 100\% = 14\%$$

Для Сверлильной операции

$$\eta_{эф} = \frac{0,18}{1} \cdot 100\% = 18\%$$

Для Круглошлифовальной

$$\eta_{эф} = \frac{0,16}{1} \cdot 100\% = 16\%$$

Коэффициент использования оборудования по основному времени свидетельствует о доле машинного времени работы станка. И он определяется как отношение основного времени к штучно-калькуляционному.

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ш-к}}, \text{ (STYLEREF 1 \ 5 . SEQ Формула \ ARABIC \ 121)}$$

Для Фрезерно-центровальной

$$\eta_o = \frac{7,35}{7,36} \cdot 100\% = 99\%$$

Для Токарной черновой операции

$$\eta_o = \frac{10}{10,2} \cdot 100\% = 98\%$$

Для Токарной чистовой операции

$$\eta_o = \frac{9}{9,5} \cdot 100\% = 94\%$$

Для Фрезерной операции

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\eta_o = \frac{8,2}{8,5} \cdot 100\% = 96\%$$

Для Сверлильной операции

$$\eta_o = \frac{11,11}{11,8} \cdot 100\% = 94\%$$

Для Круглошлифовальной

$$\eta_o = \frac{9,5}{10,2} \cdot 100\% = 93\%$$

Использование станков по мощности привода этот фактор характеризуется коэффициентом использования оборудования, который представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка к мощности установленного электродвигателя.

$$\eta_m = \frac{N_{np}}{N_{cm}}, \text{ (STYLEREF 1 \5 . SEQ Формула \ ARABIC \ 122)}$$

Для Фрезерно-центровальной

$$\eta_m = \frac{3,5}{36} \cdot 100\% = 9,7\%$$

Для Токарной черновой операции

$$\eta_m = \frac{5,8}{11} \cdot 100\% = 52\%$$

Для Токарной чистовой операции

$$\eta_m = \frac{3,9}{11} \cdot 100\% = 35\%$$

Для Фрезерной операции

$$\eta_m = \frac{1,8}{5,5} \cdot 100\% = 32\%$$

Для Сверлильной операции

$$\eta_m = \frac{2,5}{4} \cdot 100\% = 62\%$$

Для Круглошлифовальной

$$\eta_m = \frac{1,1}{8,2} \cdot 100\% = 13\%$$

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Построение диаграмм загрузки

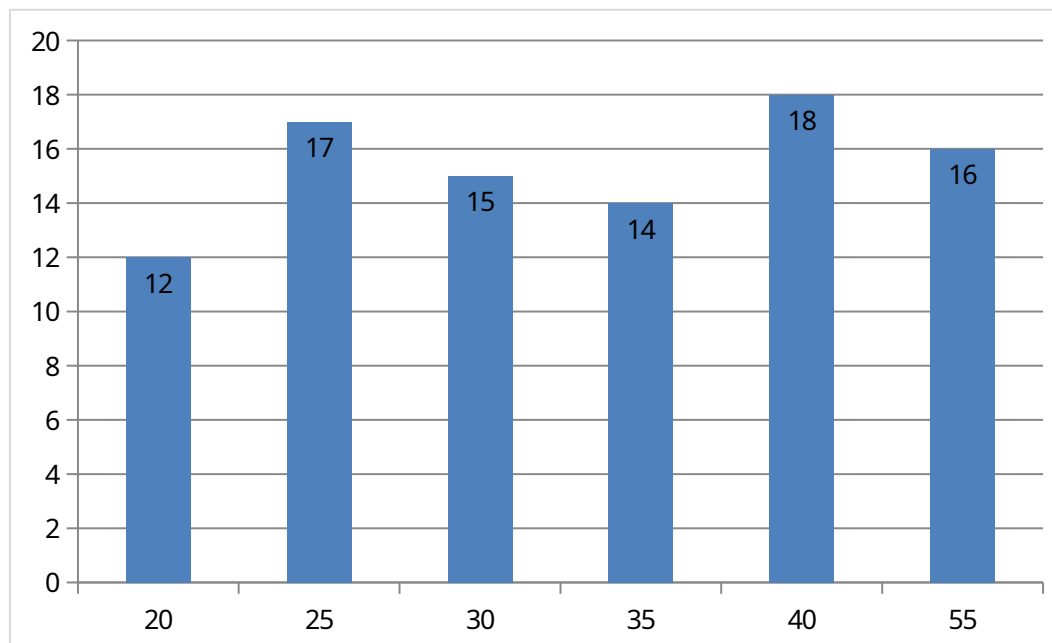
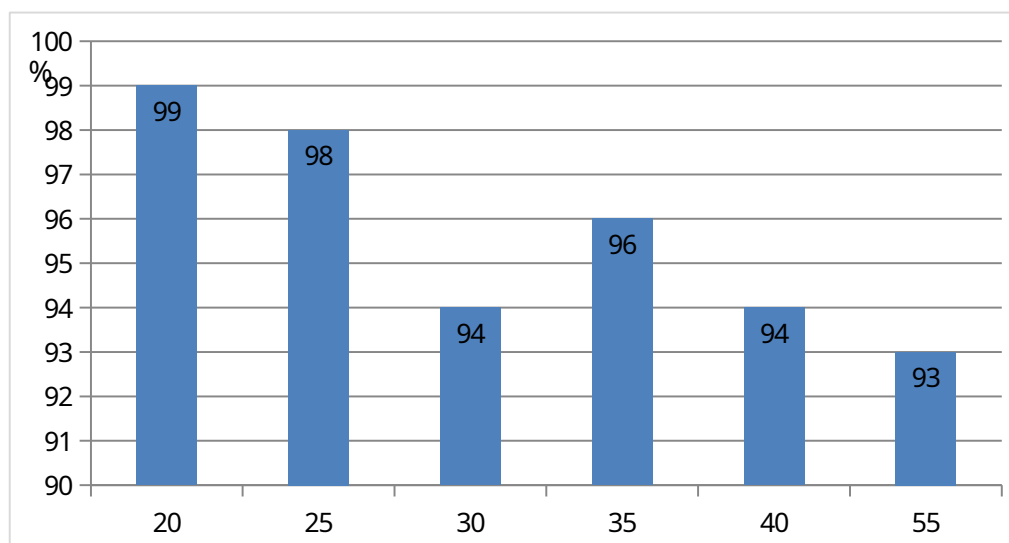


Рисунок 6 – График эффективности загрузки оборудования

По графику можно судить о средней эффективности загрузки оборудования.

Пути повышения коэффициента загрузки оборудования заключаются в сокращении количества используемого оборудования на участке, что вполне обосновано среднесерийным типом производства. Для этого необходимо применять универсальные, многоцелевые станки с ЧПУ, а также производить их загрузку обработкой других деталей одного типоразмера.

### По коэффициенту основного времени



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 7 – График использования оборудования по основному времени

Коэффициент использования оборудования по основному времени можно повысить, уменьшив простои станков (вспомогательное время) за счет применения механизированных приспособлений, повышающих уровень автоматизации. Для данного технологического процесса коэффициент использования оборудования по основному времени вполне приемлем.

По мощности привода станка

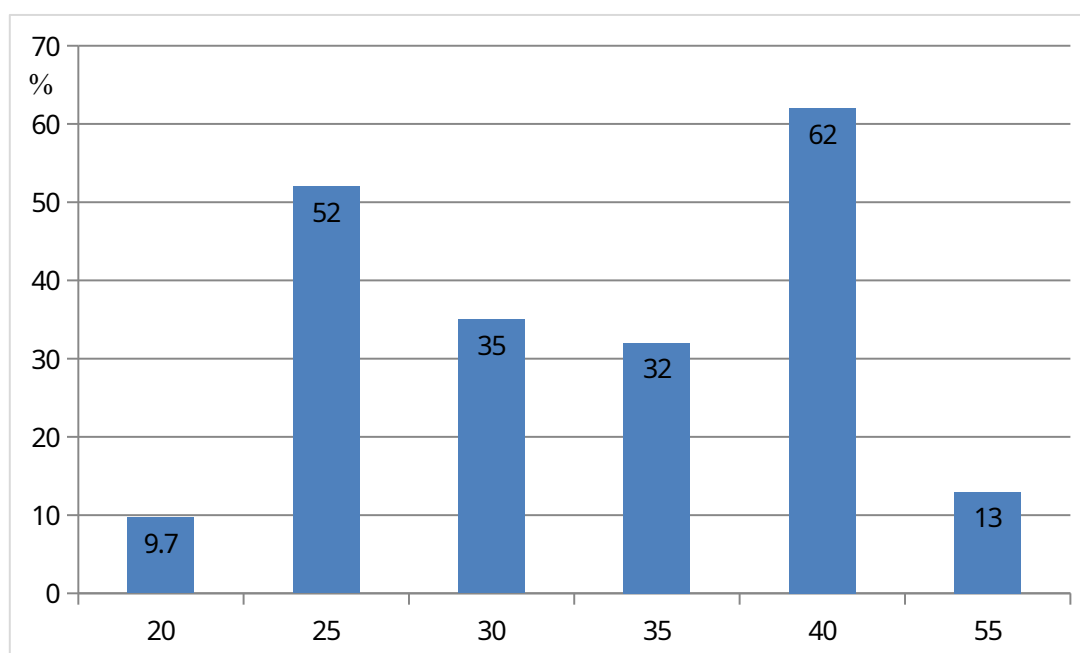


Рисунок 8 – График использования оборудования по мощности

Повышение коэффициента использования оборудования по мощности заключается в правильности выбора оборудования (его типоразмера) и режимов обработки, для того чтобы значительная часть мощности расходовалась на резание, а не на холостые ходы станка. Для данного технологического процесса коэффициент использования оборудования по мощности достаточно рационален, так как деталь крупногабаритная, и использовать другие станки не рационально.

Таблица 5.21 – Определение средних коэффициентов загрузки оборудования

Операция	Модель	%	$\eta_{0s}$	$\eta_{ms}$
----------	--------	---	-------------	-------------

	станка		%	%
Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-71М	12	99	9,7
Токарная черновая	Токарный станок 16К20	17	98	52
Токарная чистовая	Токарный станок 16К20	15	94	35
Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р11	14	96	32
Сверлильная	Вертикально-сверлильный 2Н132	18	94	62
Шлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М151	16	93	13
Среднее значение		15,3	95,6	33,9

### 3 Конструкторский раздел

#### 3.1 Разработка станочного приспособления

##### 3.1.1 Определение конструкции и расчет специальных средств технологического оснащения

При разработке конструкции приспособления необходимо стремиться к уменьшению времени на установку и съём обрабатываемой детали, необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного взаимного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условие, обеспечивающее безопасность работы и обслуживание данного приспособления.

Так же можно предусмотреть возможность его модифицирования, необходимость в которой может возникнуть при смене номенклатуры обрабатываемых деталей или при возможном изменении конфигурации самой обрабатываемой детали (при ее модификации).

Для придания заготовке определенного однозначного положения в пространстве необходимо лишить ее шести степеней свободы. Для этого необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек на поверхности детали.

Для установки и лишения всех степеней свободы такого типа деталей, как втулка, необходимо иметь три базовых поверхности, на которых будут расположены три, две и одна опорные точки соответственно.

При выборе схемы закрепления необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно базовой поверхности
2. При установке на несколько базовых поверхностей сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

имеет наибольшую площадь контакта

3. Направление силы зажима должно по возможности совпадать с направлением силы тяжести заготовки, так как это облегчает работу зажимного устройства

4. Направление силы зажима должно по возможности совпадать с направлением сил резания.

### 3.1.2 Выбор механизма закрепления

1. Размеры плеч рычага, передающего усилие:  $L_1=40$  мм,  $L_2=44$  мм.
2. Давление воздуха в пневмосети:  $p = 0,4$  МПа.
3. Коэффициент трения между заготовкой и губками [9]:  $f' = 0,15$
4. Коэффициент трения между заготовкой и плоской поверхностью [9]:  $f'' = 0,1$
5. КПД пневмокамеры:  $\eta = 0,9$

Рассмотрим схему расположения активных и противодействующих сил при обработке детали (рисунок 3.1).

Уравнение равновесия относительно центра детали - т. О

$$M_{акт} \cdot K = \sum M_{прот},$$

где  $M_{акт}$  - активный момент, образующихся от воздействия силы резания

$$M_{акт} = P_z \cdot l,$$

где  $P_z$  - тангенциальная составляющая силы резания при фрезеровании плоскости принимается из режимов резания.  $P_z = 120$ Н.

$l$  - радиус фрезы, мм.

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

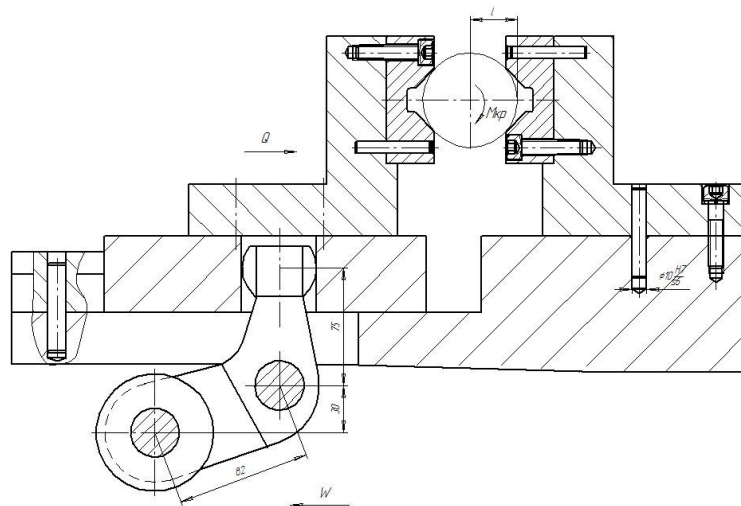


Рисунок 3.1 - Силовой расчет приспособления

$K$  - коэффициент запаса. Определяется по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$K_0$  - минимальный коэффициент запаса, учитывающий надежность расчетов,  $K_0 = 1,5$

$K_1$  - коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки,  $K_1 = 1,2$

$K_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления режущего инструмента,  $K_2 = 1,2$

$K_3$  - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании,  $K_3 = 1,0$

$K_4$  - коэффициент, учитывающий непостоянство силы закрепления,  $K_4 = 1,0$

$K_5$  - коэффициент, который учитывается, если допуск на размер заготовки влияет на силу закрепления,  $K_5 = 1,0$

$K_6$  - коэффициент, который учитывается, при наличии возможности поворота заготовки под действием силы резания,  $K_6 = 1,5$

Определим коэффициент запаса  $K$

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,24$$

$\sum M_{\text{прот}}$  - сумма моментов противодействия, образующихся от воздействия сил зажима детали при обработке

$$\sum M_{\text{прот}} = M_{\text{прот1}} + M_{\text{прот2}},$$

$$M_{\text{прот1}} = W \cdot f' \cdot R,$$

$$M_{\text{прот2}} = W \cdot f'' \cdot R,$$

где  $W$  – усилие зажима обрабатываемой детали.

Следовательно

$$\sum M_{\text{прот}} = W \cdot f' \cdot R + W \cdot f'' \cdot R,$$

Таким образом

$$P_z \cdot l \cdot K = W \cdot f' \cdot R + W \cdot f'' \cdot R,$$

### 3.1.3 Расчет усилия зажима

Определим усилие зажима обрабатываемой детали

$$W = \frac{P_z \cdot l \cdot K}{(f' + f'') \cdot R} = \frac{120 \cdot 63 \cdot 3,24}{(0,1 + 0,15) \cdot 31,5} = 3110 \text{ Н}$$

Необходимое усилие, развиваемое пневмоцилиндром, определяется следующим образом (с учетом плеч рычага)

$$Q = W \cdot \frac{L_1}{L_2} = 3110 \cdot \frac{40}{44} = 2830 \text{ Н.}$$

Определим минимальное значение диаметра пневмоцилиндра по формуле

$$D_{\text{min}} = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot \delta \cdot \eta}};$$

$$D = \sqrt{\frac{2830}{0,785 \times 0,4 \times 0,9}} = 55 \text{ мм}$$

Таким образом:

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

С учетом техники безопасности и по конструктивным соображениям (согласно ряду нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69) принимаем действительное значение диаметра пневмоцилиндра:  $D = 60$  мм.

### 3.1.4 Общая схема и принцип действия приспособления

Приспособление предназначено для обработки деталей на операции 015 на станке 2Г942.

При разработке конструкции станочного приспособления необходимо стремиться к уменьшению времени на установку и съём обрабатываемой детали, к повышению режимов резания и к одновременному обрабатыванию нескольких заготовок в одной операции.

Также необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условия, обеспечивающие безопасность работы и обслуживания данного приспособления.

В дипломном проекте необходимо спроектировать приспособление с пневматическим приводом для фрезерно-центровальной операции. Приспособление устанавливается на стол станка и крепится к нему четырьмя винтами М12.

Спроектированное приспособление состоит из следующих деталей:

- приспособление состоит из корпуса 1, внутрь которого встроены пневмоцилиндр двустороннего действия, состоящий из корпуса 12 к которому прикреплены крышки 14 и 22, при помощи 12 винтов М20, поршня 19, штока 20. На поршне 19, установлена и поджата кольцом 18 манжета 45, шток уплотнён манжетой 46, совершает возвратно-поступательные движения по бронзовой втулке 23, которая впрессована в крышку 22. На штоке закреплён клин 7, для поддержки которого установлен на оси 6, ролик 5. Регулировка длины вылета клина осуществляется с

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

помощью гайки 36. Клин передаёт усилие через ролик 8, установленного на оси 9, угловому рычагу 10, установленного на оси 11. Рычаг в свою очередь передаёт усилие через шаровой наконечник плите 13, на которой установлены при помощи винтов 31 и штифтов 44, сменные подвижные губки 2, неподвижные губки установлены непосредственно на корпусе. Плита 13 совершает движение по направляющим 25, закреплённых на корпусе при помощи винтов 35 и штифтов 43.

Принцип работы приспособления заключается в следующем:

Заготовка базируется по неподвижным призмам, установленным на сменных губках 2. Далее в правую полость пневмоцилиндра через штуцер 15 подаётся воздух под давлением 4 атмосферы и через шток 20, клин 7, рычаг 10, плиту 13, губки 2 усилие зажима передаётся заготовки. При окончании обработки, давление подаётся в левую полость пневмоцилиндра, подвижные губки отводятся в сторону при помощи пружин 27 освобождая при этом обработанную деталь.

### **3.2 Проектирование роботизированного технологического комплекса**

Для перемещения заготовок по всему технологическому циклу механической обработки на токарных станках, при проектировании РТК, выбираем промышленный робот, исходя из условий грузоподъёмности, количества степеней подвижности и линейных перемещений.

Промышленный робот (ПР) – автоматическая машина, представляющая собой совокупность манипулятора и перепрограммируемого устройства управления, для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и технологической оснастки.

Напольный промышленный робот с горизонтальной выдвижной рукой и подъёмной кареткой РФ-1001С, установленный на подвижную платформу, перемещающуюся по рельсам.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Таблица 3 - Технические характеристики

Грузоподъемность суммарная/на одну руку, кг	5/1
Число степеней подвижности	5
Число программируемых координат	5
Тип системы управления	Позиционная
Погрешность позиционирования, мм	0,5
Тип привода	Электропневматический
Число рук/захватов на руку	1/1
Наибольший вылет руки	1150
Линейные перемещения, мм	
Выдвижение руки (ось r)	500
Подъём каретки (ось z)	400
Перемещение по рельсам (ось x)	8500
Скорость линейных перемещений, м/с	
Выдвижение руки (ось r)	0,5
Подъём каретки (ось z)	0,2
Перемещение по рельсам (ось x)	1
Угловые перемещения, °	
Поворот каретки вокруг оси робота ( $\varphi$ )	250
Поворот захвата вокруг оси руки ( $\alpha$ )	360
Скорость угловых перемещений, °/с	
Поворот каретки вокруг оси робота ( $\varphi$ )	60
Поворот захвата вокруг оси руки ( $\alpha$ )	200
Габаритные размеры робота, мм	
Длина	1000
Ширина	400
Высота	1200
Масса, кг	100

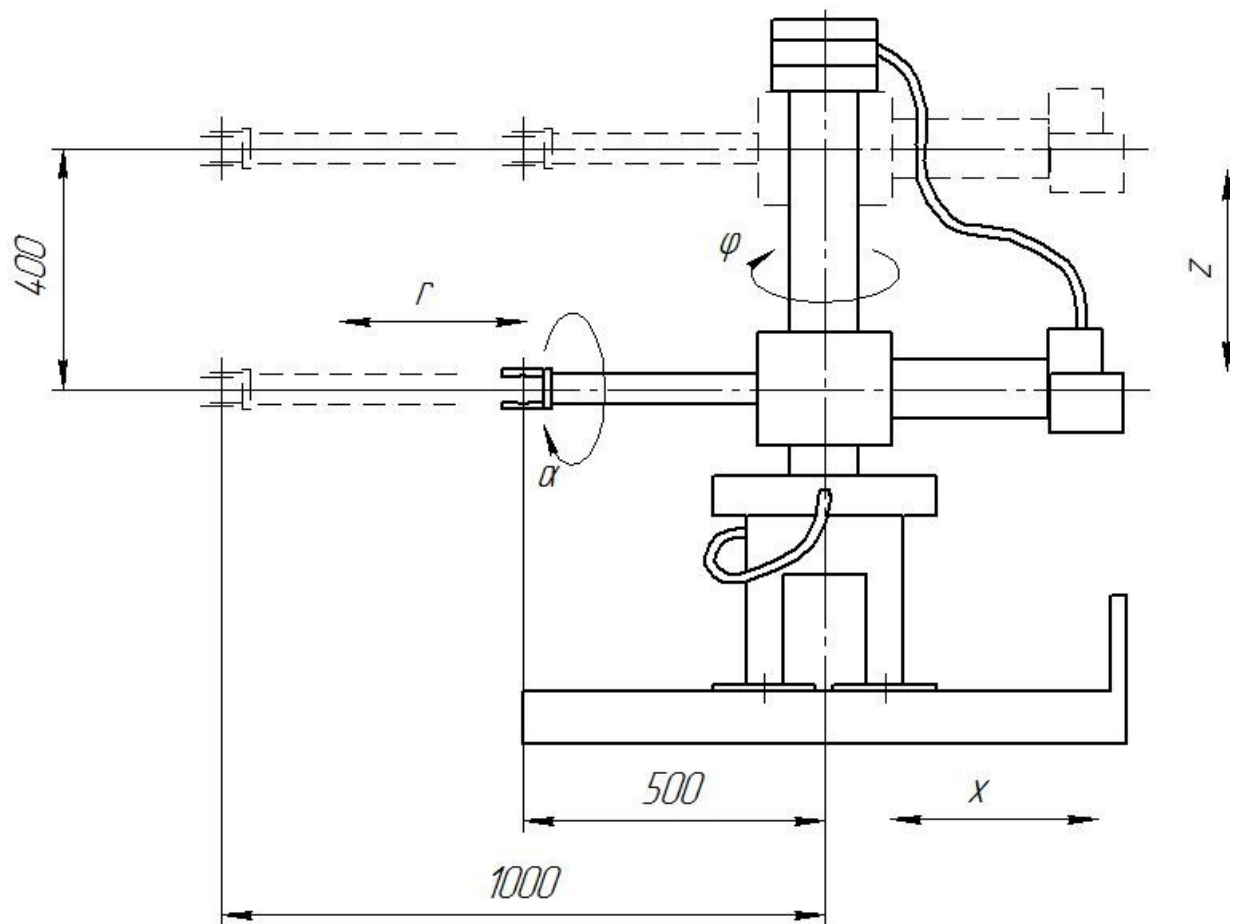


Рисунок 3.2 - Эскиз робота и основные движения руки робота

Расчет и составление циклограммы работы оборудования.

Составление циклограммы РТК

Алгоритм работы РТК:

Начальное положение руки робота:

Высота 900 мм, Рука повернута в сторону тактового стала, захват раскрыт, защитные экраны станков открыты.

Таблица 4 - Алгоритм работы РТК

№	Действие	Время сек
1	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
2	Зажим схвата робота	1,5
3	Вертикальное перемещение руки (ось z) на 350 мм	1,75
4	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
5	Поворот руки вокруг оси робота ( $\varphi$ ) на $90^\circ$ (к станку)	1,5
6	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
7	Перемещение робота по рельсам (ось x) на 90 мм	0,09
8	Зажим заготовки в патроне станка	3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

№	Действие	Время сек
9	Разжим схвата робота	1,5
10	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
11	Закрытие защитного экрана станка	5
12	Работа станка по управляющей программе	367,38
13	Открытие защитного экрана станка	5
14	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
15	Зажим схвата робота	1,5
16	Разжим заготовки в патроне станка	3
17	Перемещение робота по рельсам (ось x) на 90 мм	0,09
18	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
19	Перемещение робота по рельсам (ось x) на 2750 мм	2,75
20	Поворот схвата вокруг оси руки ( $\alpha$ ) на 180°	0,9
21	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
22	Перемещение робота по рельсам (ось x) на 90 мм	0,09
23	Зажим заготовки в патроне станка	3
24	Разжим схвата робота	1,5
25	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
26	Закрытие защитного экрана станка	5
27	Работа станка по управляющей программе	309,24
28	Открытие защитного экрана станка	5
29	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
3	Зажим схвата робота	1,5

№	Действие	Время сек
0		
3 1	Разжим заготовки в патроне станка	3
3 2	Перемещение робота по рельсам (ось x) на 90 мм	0,09
3 3	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
3 4	Поворот руки вокруг оси робота ( $\varphi$ ) на $90^\circ$ (от станка к столу)	1,5
3 5	Выдвижение руки робота (ось r) на 500 мм	1
3 6	Вертикальное перемещение руки (ось z) на 350 мм	1,75
3 7	Разжим схвата робота	1,5
3 8	Втягивание руки робота (ось r) на 500 мм	1
Итого		740,13

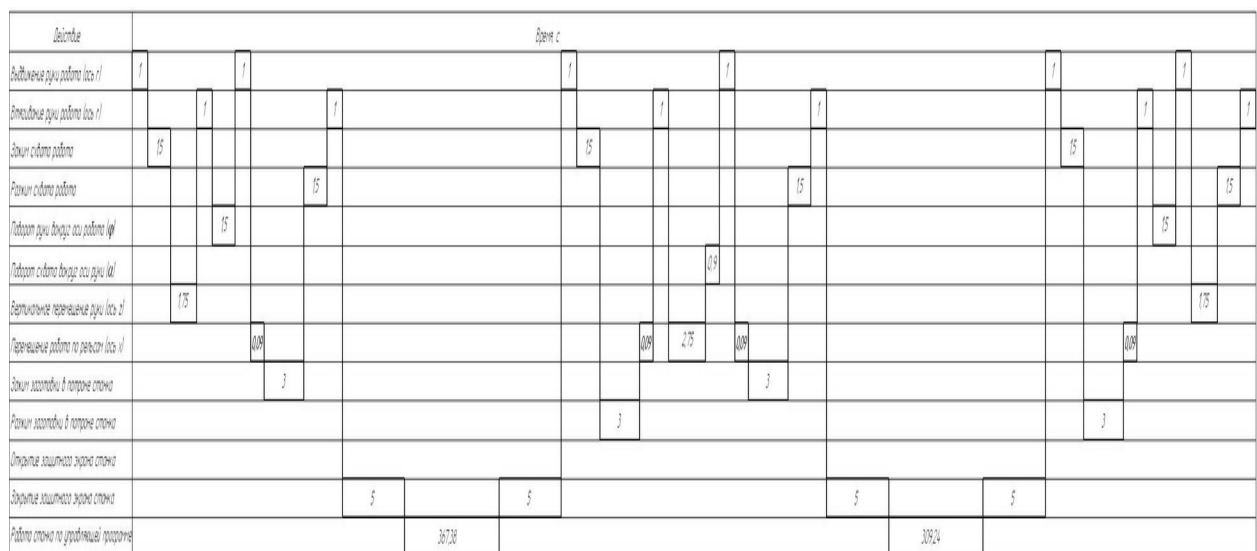


Рисунок 3.3 - Циклограммы работы робота

## Заключение

Так как в последнее время развитие промышленной индустрии стало набирать обороты, то и стали набирать обороты профессии, связанные именно с промышленным производством. Одной из таких профессий является "Технология машиностроения". Машиностроение – это одна из самых главных отраслей промышленности в любом государстве. Степень ее развития определяет, насколько высок уровень экономики в той или иной стране. Технология машиностроения изучает изготовление машин и их деталей, а также изучает возможность сократить себестоимость деталей и механизмов без ущерба для качества изготавливаемой продукции.

Моя задача как будущего технолога машиностроения как раз и состоит в том, что я должен: уметь разрабатывать и организовывать производственный процесс; осуществлять выбор оборудования, на котором

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

выполняются технологические процессы; выбирать оптимальные режимы работы, разрабатывать основные методы контроля качества; вводить техническую документацию и так далее.

В данной работе я считаю, что все цели, поставленные в начале разработки технологического процесса полностью достигнуты и оправданы, а именно: был разработан комплект технологической документации (маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов и т.д.); разработан и спроектирован рабочий чертеж будущего изделия; подобраны оборудование, на котором будет возможна необходимая обработка; приспособления, способные надежно закрепить деталь; режущие инструменты, имеющие все необходимые геометрические характеристики для точной и быстрой обработки; измерительные инструменты способные не менее точно измерить практически любой размер с высокой точностью, а так же, рассчитаны режимы резания необходимые для получения всех заданных размеров, параметров шероховатости, форм расположения и так далее. Спроектировано быстрозажимное приспособление с пневмоприводом

Я считаю данный проект хорошей проверкой всех знаний, полученных за период обучения и хорошим опытом в плане изучения технической литературы и справочников, различных расчётов и проектирований.

					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Список использованной литературы

1. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 469 с., ил.
2. Нефедов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту : учеб. пособие для техникумов / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с., ил.
3. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с., ил.
4. Технология машиностроения. Часть I: Учеб. Пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дягтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Муракшина. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2005, 190 с.
5. Технология машиностроения. Часть II: Проектирование технологических процессов: Учеб. Пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дягтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Муракшина. СПб.: Изд-во Политехи. ун-та, 2008, 498 с.;
6. Технология машиностроения. Часть III: Правила оформления технологической документации: Учеб. Пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дягтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Муракшина. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2008, 59 с.;
7. Малькевич А.В., Серяков Е.И., Радкевич М. М. Технологические основы проектирования штампованных и кованных изделий: Учебное пособие. - СПб.: СПбГТУ 1993.-96 с.
8. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. / Анурьев В.И. - 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2006;

									Лист
									71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ				

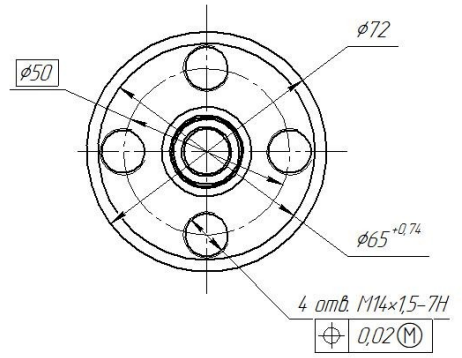
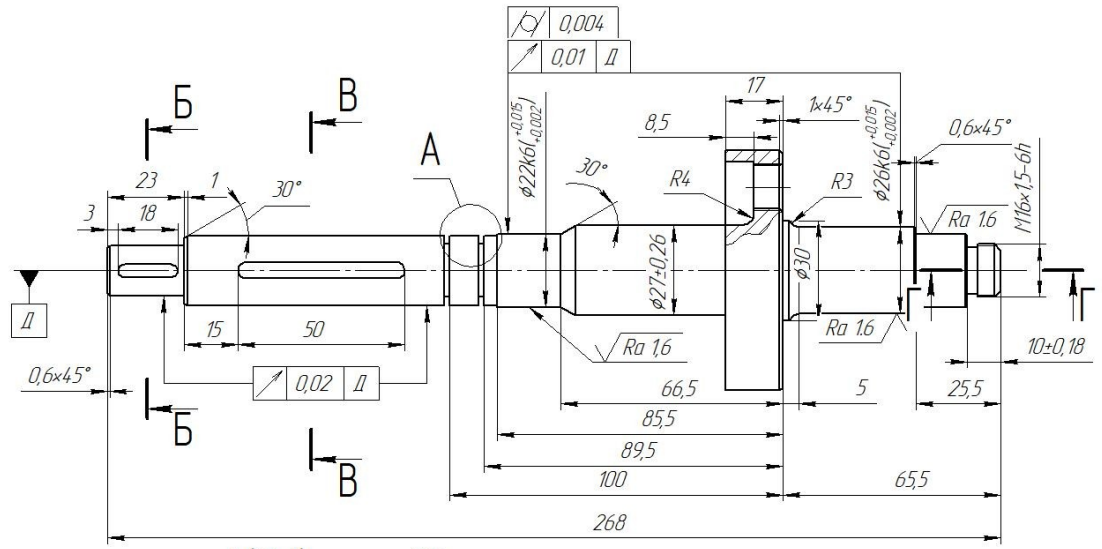
9. Справочник фрезеровщика / Косовский В.Л. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа; Издательский центр «Академия», 2001 - 400 с.: ил.;

10. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. 52 с.

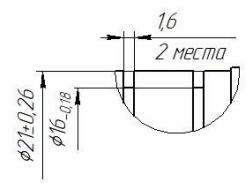
					15.03.05 ВКР 13 00 000 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$\sqrt{Ra 12.5}$

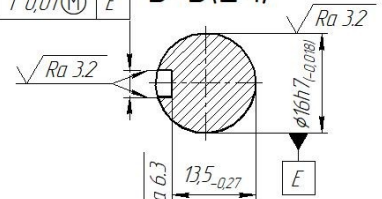


A(2:1)



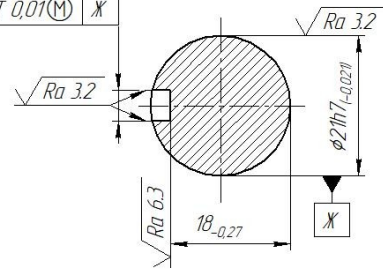
4N9<sub>L-0.03</sub>  
T 0,01(M) E

Б-Б(2:1)

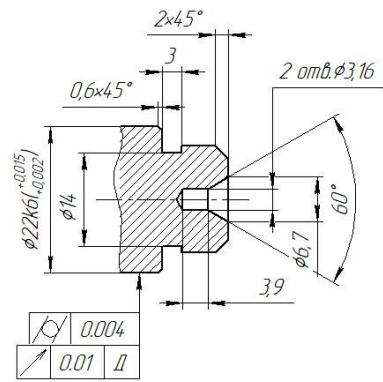


5N9<sub>L-0.03</sub>  
T 0,01(M) Ж

В-В(2:1)



Г-Г(2:1)



- 1 32 ... 36HRCз.
- 2 \* Размеры для справок.
- 3 Неуказанные радиусы не более R0,4.
- 4 Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002 : h14, H14, ± 2.

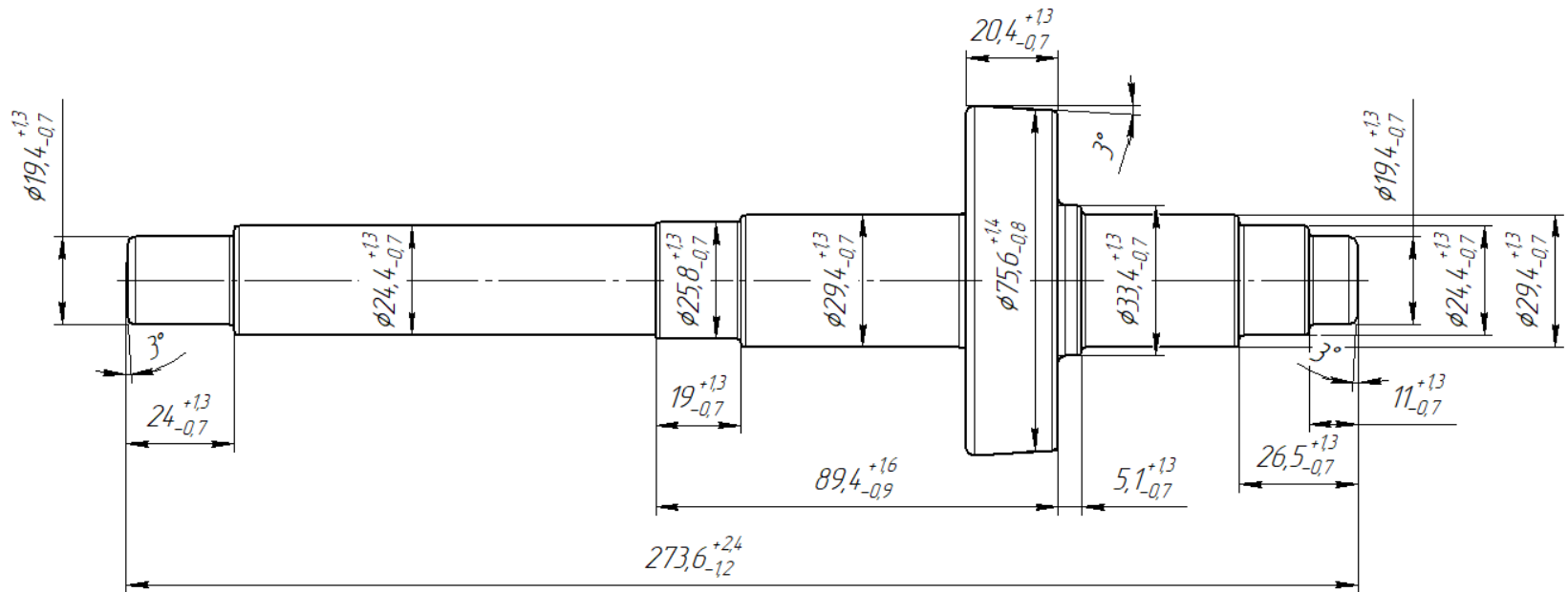
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						1,1	4:1
Проб.							
Контр.							
И.контр.							
Утв.							
					Лист		Листов 1
					Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5632-2014		ар.з3331501/00001

Копировал

Формат А2

Лист 1  
Справ. №  
Листы и детали  
Листы и детали  
Листы и детали

✓(✓)



- 1 Класс размерной точности T4.
- 2 Группа стали M1.
- 3 Степень сложности обработки С4.
- 4 Исходный индекс 12.

- 5 Коэффициент весовой точности  $K_{\text{вм}} = 0,63$ .
- 6 Неуказанные размеры радиусов: наружных не более 1,6 мм, внутренних не более 0,8 мм.
- 7 Неуказанные предельные отклонения размеров по II группе ГОСТ 7505-89.

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Заготовка</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						1,76	1:1
Пров.					Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 14Х17Н2(3М268) ГОСТ 5632-2014		
И.контр.							
Утв.							

Копировал

Формат А3

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Склад. № | Перв. примен.

Дцбл.			
Взам.			
Подл.			

Лист	Обозн. изв.	Подпись	Дата
------	-------------	---------	------

17	01
----	----

0114.1.000001

Фланцевый вал

Согласовано

Утвердил

Главный технолог: \_\_\_\_\_

" " \_\_\_\_\_ 20 г.

" " \_\_\_\_\_ 20 г.

**Комплект документов***на технологический процесс механической обработки детали детали "Фланцевый вал"*

Начальник цеха \_\_\_\_\_

Начальник БТК \_\_\_\_\_

Начальник техбюро \_\_\_\_\_

ТЛ





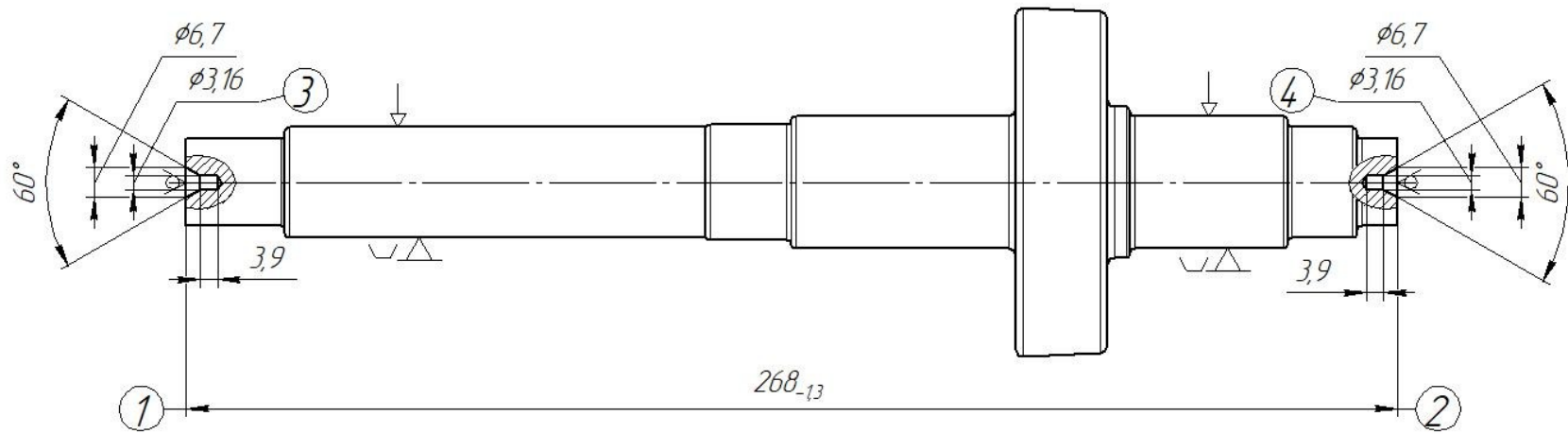
17 04

2014.1.00001

Фланцевый вал

XX XX XX 015

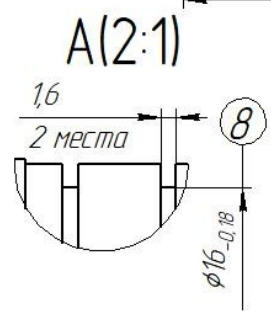
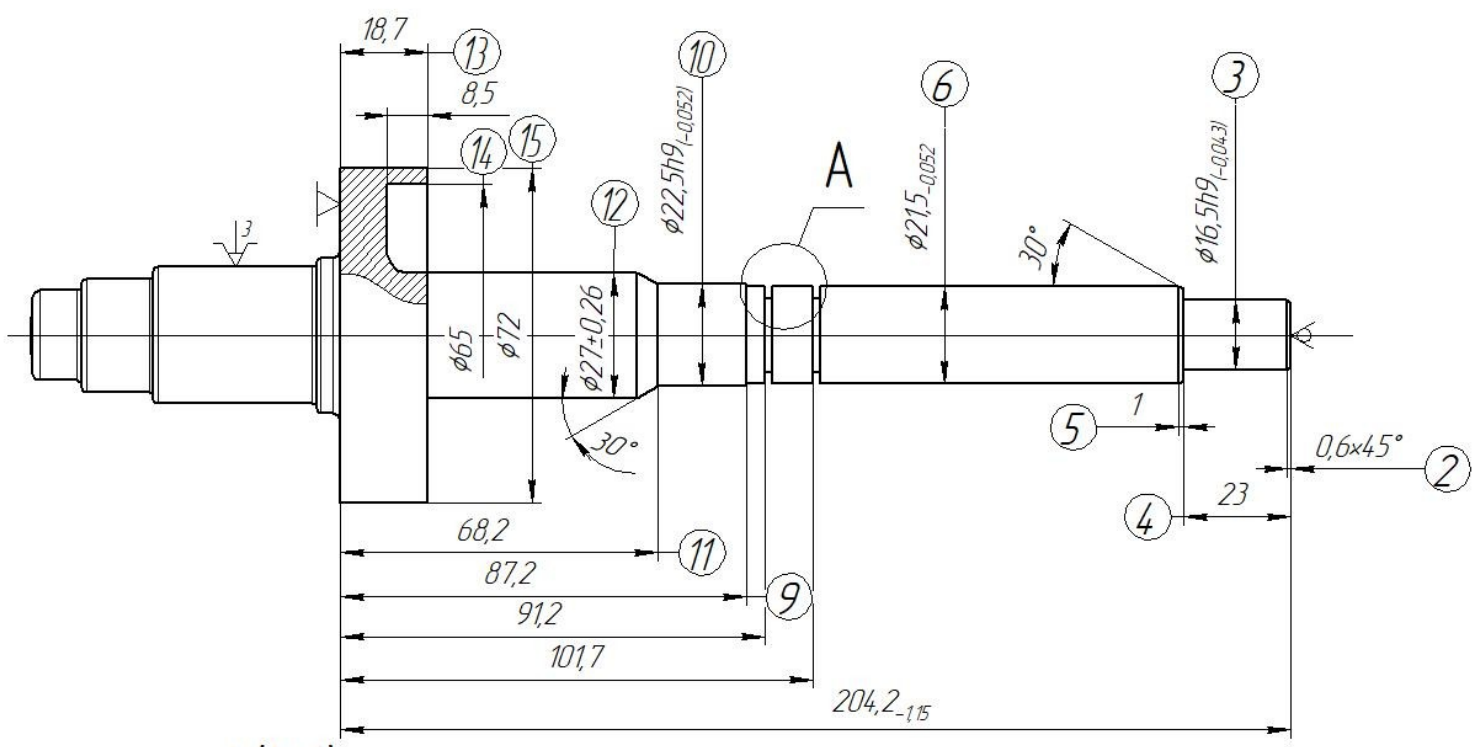
$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



$H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$

КЭ

Дудл.												
Взам.												
Подп.												
									17	05		
Разраб.									6014.1.00001			
Провер.												
Фланцевый вал									xx	xx		
Н. контр.									xx	015		
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Фрезерно-центральная		14Х17Н1 ГОСТ 5632-2014		НВ 10 <sup>-1</sup> = 285 МПа		-	111	φ72х268		176	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ				
Фрезерно-центральная станок 2Г942		-		1,2	0,64	15,0	2,2	Укринол-1М ТУ 0258-026-00148843-98				
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V			
01	1 Установить и закрепить заготовку										0,2	
02	Тиски с призматическими губками и самоцентрирующимся механизмом											
03												
04	2 Фрезеровать торцы 1 и 2 в размер, сверлить центровочные отверстия 3 и 4										18	0,5
05	Фреза торцевая 2214-0007 Т15К10 600 ГОСТ 24359-80; Сверло центровочное Р6М5 2317-0111 ГОСТ 14952-75; ШЦ-II-500-0.1 ГОСТ 166-89											
06		1	60	18	2,0	1	0,6	900	169			
07		2	5	18	2,5	1	0,3	900	14,3			
08												
09												
10												
11												
12												
13												
OK												



H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .



Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

17 07

Разраб.									
Провер.									6014.1.00002

Н. контр.									Фланцевый вал	xx	xx	xx	020
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------	----	----	----	-----

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Токарная с ЧПУ	14Х17Н1 ГОСТ 5632-2014	НВ 10 <sup>-1</sup> = 285 МПа	-	111	φ72x268	176	1
Обработка устройства ЧПУ	Обозначение программы	Ta	Tb	Tпз	Tшт	СОЖ	
ТОЦ ТС1720Ф4	-	3,8	2,0	12,5	8,8	Укрынал-1М ТУ 0258-026-00148843-98	

Р	П/И	D или B	L	f	i	S	n	V
01								0,2
02								
03								
04							0,1	0,1
05								
06	1	16	10	2,8	1	13	1000	94,2
07								
08							0,2	0,1
09								
10	3	72	10	1,8	1	0,3	900	200
11								
12								
13								

OK





Дудл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

17 10

Разраб.									
Провер.									

6014.1.00003

Н. контр									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Фланцевый вал

xx | xx | xx | 025

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Токарная с ЧПУ	14Х17Н1 ГОСТ 5632-2014	НВ 10 <sup>-1</sup> = 285 МПа	-	111	φ72х268	1,76	1
Обработка устройства ЧПУ	Обозначение программы	Ta	Tb	Tnз	Tшт	СОЖ	
ТОЦ ТС1720Ф4		1,2	0,64	12,5	2,2	Укринал-1М ТУ 0258-026-00148843-98	

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
01	1. Установить и закрепить заготовку								0,2
02	3-х кулачковый патрон								
03									
04	2. Подрезать торец 29							0,1	0,1
05	Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877-73; ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89								
06		1	16	10	2,8	1	13	1000	94,2
07									
08	3. Точить пов.27,23,20,18 с подрезкой торцев 25,22,16 и пов.19							1,2	0,1
09	Резец 2101-0641 ГОСТ 20872-80 Т15К6 01816-190605-130 ГОСТ 19062-82; Калибр-скоба 8102-0118 h9 ГОСТ 18360-93; Калибр-скоба 8102-0114 h9 ГОСТ 18360-93								
10	ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89	3	72	120	1,6	1	0,3	900	200
11									
12									
13									

OK

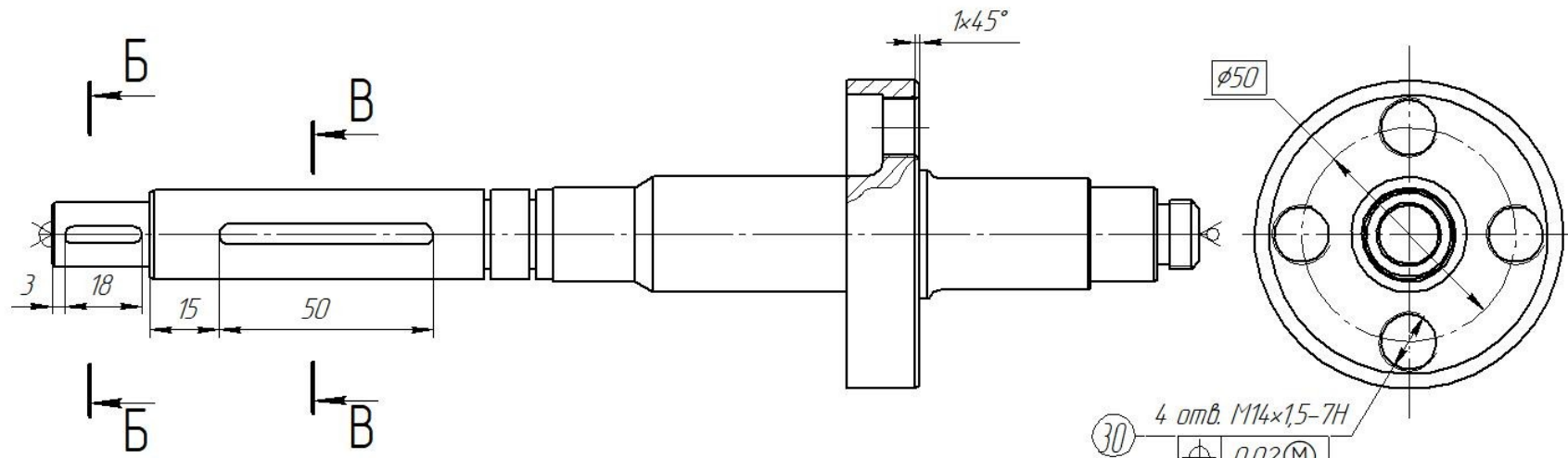
Подл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

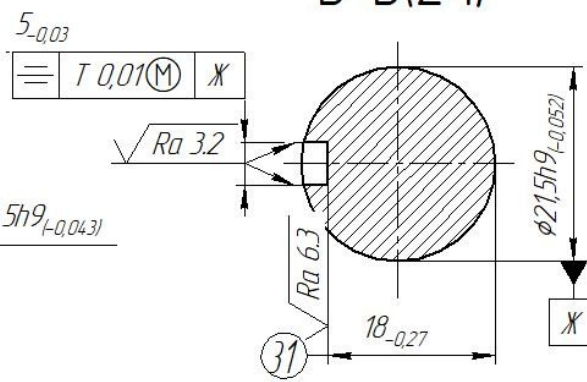
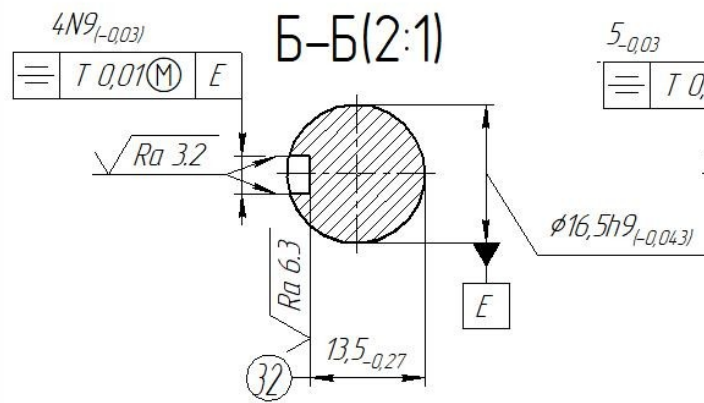
									11
								6014.1.00002	025

Р		ГМ	D или B	L	F	i	S	n	V
01	6. Точить канавку 26 выдерживая p-p b=3,0 мм							0,1	0,1
02	Резец 2101-0005 Т15К6 ГОСТ 18879- 73; ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89								
03		4	14	3	3,0	1	20	1000	300
04									
05	7. Точить фаски 14 и 21							0,1	0,1
06	Резец 2130-0251 BK6 ГОСТ 18884- 73; ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89								
07		5	2	20	2,0	1	0,5	1000	200
08									
09	8. Точить резьбу M16x15-6h							0,8	0,1
10	Резец 2101-0005 Т15К6 ГОСТ 18879- 73; ШЦ-II-250-0.05 ГОСТ 166-89								
11		6	16	10	1,5	1	0,5	800	100
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

OK



30 4 отв. M14x1,5-7H  
 ⊕ 0,02 M



H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$

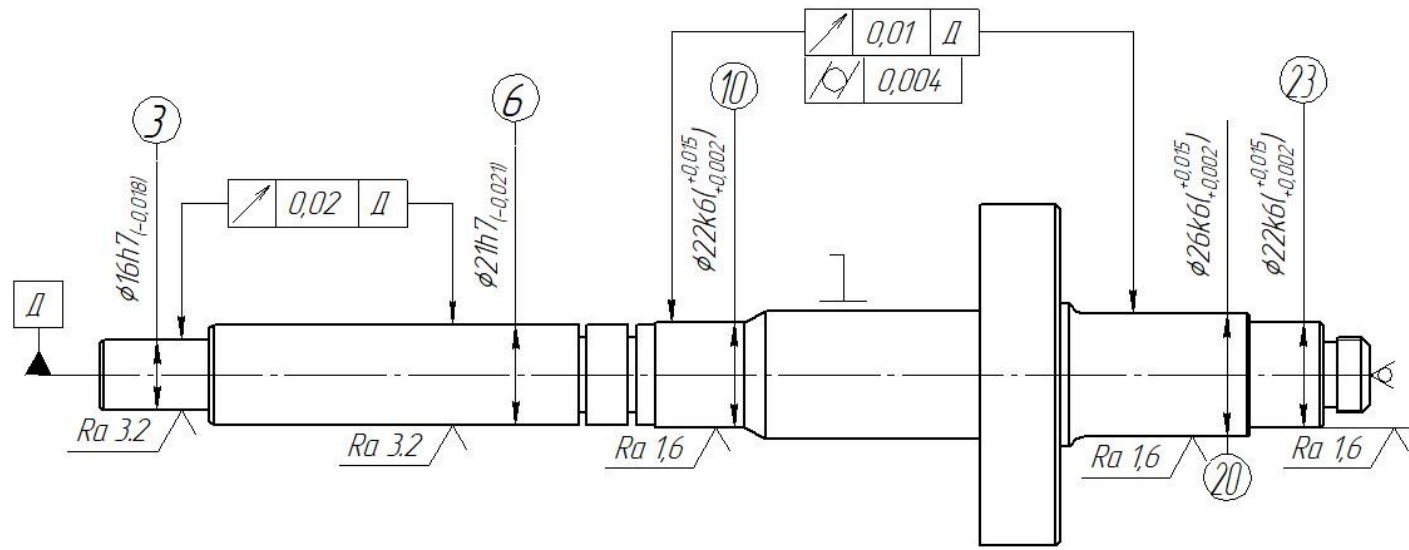






Фланцевый вал

√ Ra 125 (√)



H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$



