

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка технологического процесса изготовления корпуса  
внутреннего шарнира автомобиля LADA Granta

Студент(ка)	К.Ю. Росланкин <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
Руководитель	Л.А. Резников <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
Консультанты	Л.Н. Горина <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
	Н.В. Зубкова <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
	<hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой  
к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ А.В. Бобровский  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе представлен технологический процесс изготовления детали – корпус внутреннего шарнира автомобиля LADA Granta. Выполнен анализ служебного назначения детали, технических требований, предъявляемых к ее поверхностям; проанализирован базовый вариант технологического процесса изготовления детали. В рамках работы разработан прогрессивный технологический процесс с применением современного технологического оборудования, режущего инструмента и технического оснащения. Спроектированы технологические операции, план изготовления детали, рассчитаны режимы обработки и выполнена технико-экономическое обоснование предложенных технических решений.

## Содержание

Аннотация	2
Содержание	3
Введение	5
1. Описание исходных данных	6
1.1 Служебное назначение детали	6
1.2 Классификация поверхностей детали	8
1.3 Анализ технических требований	10
2. Технологическая часть	13
2.1 Анализ типа производства	13
2.2 Выбор и расчет заготовки	13
2.3 Выбор методов обработки поверхностей и разработка маршрута обработки	17
2.4 Выбор средств технологического оснащения	24
2.5 Расчет припусков и межоперационных размеров	27
2.6 Расчет режимов резания и проектирование операций	40
3. Проектирование приспособления	48
4. Безопасность и экологичность технического объекта	51
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	51
4.1.1 Наименование технического объекта выпускной квалификационной работы	51
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	56
4.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	58
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)	60
4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара	61
4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта	61
4.5 Организационные (организационно-технические) мероприятия по	

предотвращению пожара	63
4.6 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	64
4.6.1 Идентификация экологических факторов технического объекта	65
4.6.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта	67
4.7 Заключение по разделу	68
5. Экономическая эффективность работы	69
5.1. Калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса	69
5.2. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологии	70
Заключение	73
Список используемой литературы	74
Приложения	75

## Введение

Повышение качества выпускаемой продукции является одной из важных задач современного машиностроительного производства. Наряду с обеспечением требуемых показателей качества продукции также стоят актуальные вопросы повышения производительности, снижения себестоимости обработки, трудоёмкости и станкоёмкости технологических операций, улучшения условий труда и повышение экологичности производства. Решение этих вопросов требует постоянное совершенствование действующих технологий и разработки новых технологических решений, способствующих повышению эффективности механической обработки деталей.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является повышение эффективности обработки детали корпус внутреннего шарнира автомобиля Lada Granta за счет совершенствования технологии механической обработки. Под эффективностью понимается снижение трудоёмкости обработки и технологической себестоимости

# 1. Описание исходных данных

## 1.1. Служебное назначение детали

Деталь корпус внутреннего шарнира LADA Granta представляет собой деталь типа вал. Основное служебное назначения детали заключается в обеспечении функционального управления колесами автомобиля при поворотах, а именно для передачи крутящего момента и выравнивания угловых скоростей вращения колес. Корпус внутреннего шарнира входит в сборочную группу приводов автомобиля. Чертеж детали представлен на рис. 1.1

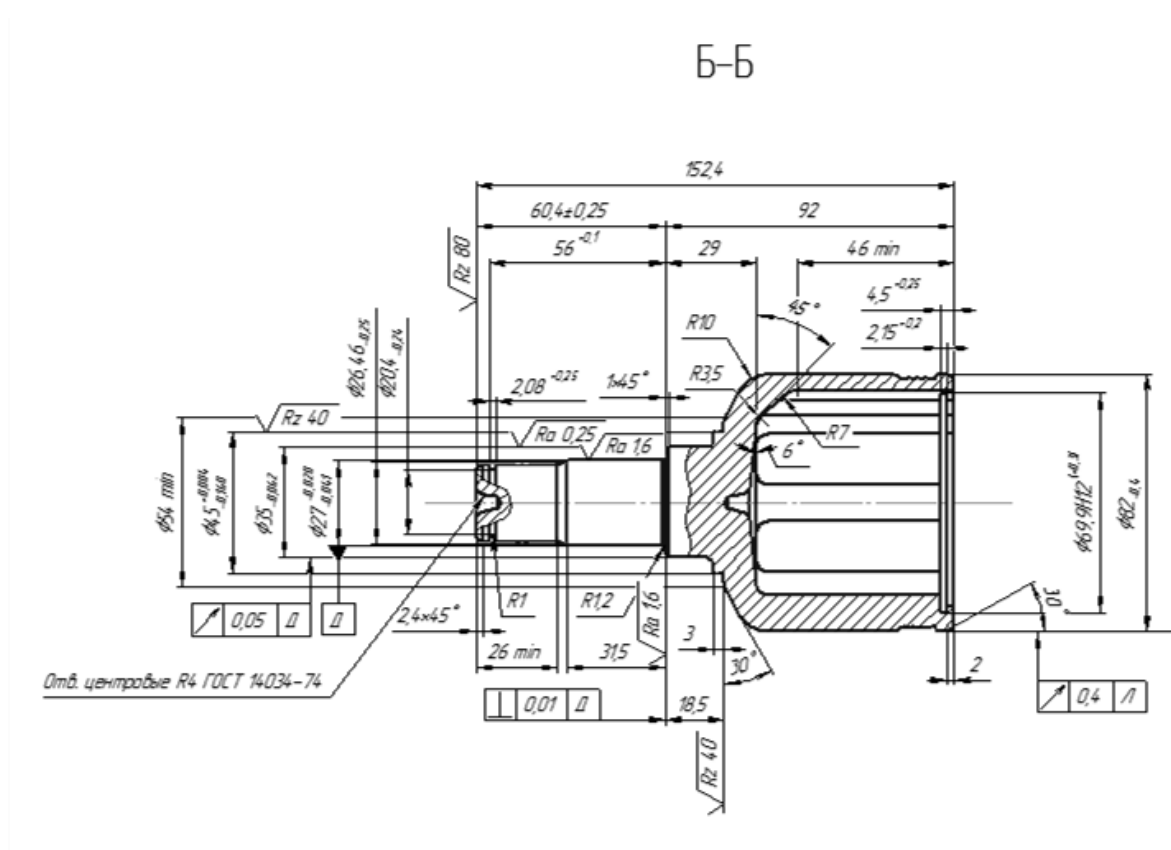
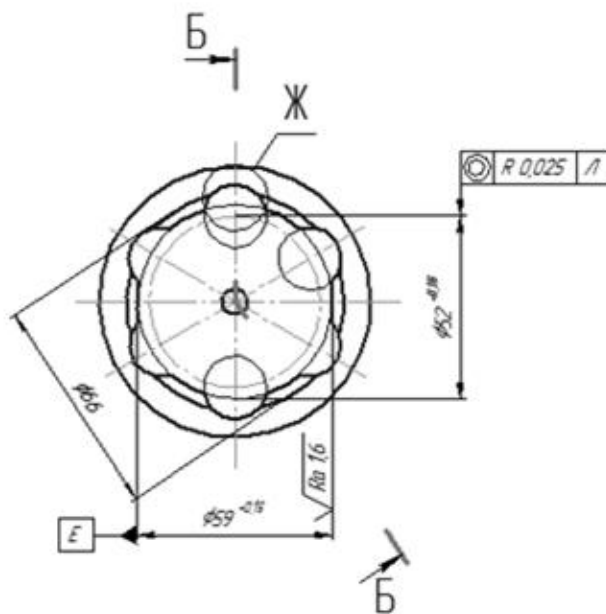


Рис. 1.1 Чертеж детали корпус внутреннего шарнира автомобиля LADA Granta

При эксплуатации деталь подвержена знакопеременным нагрузкам, в связи с чем к ней предъявляются определенные требования по прочности, в частности к материалу.



Продолжение рис. 1.1

Деталь изготавливается из легированной стали 19ХГНМ. В процессе изготовления подвергается химико-термической обработке – цементации и нитроцементации до твердости поверхности 58-62 HRC. 3D-модель детали представлена на рис. 1.2

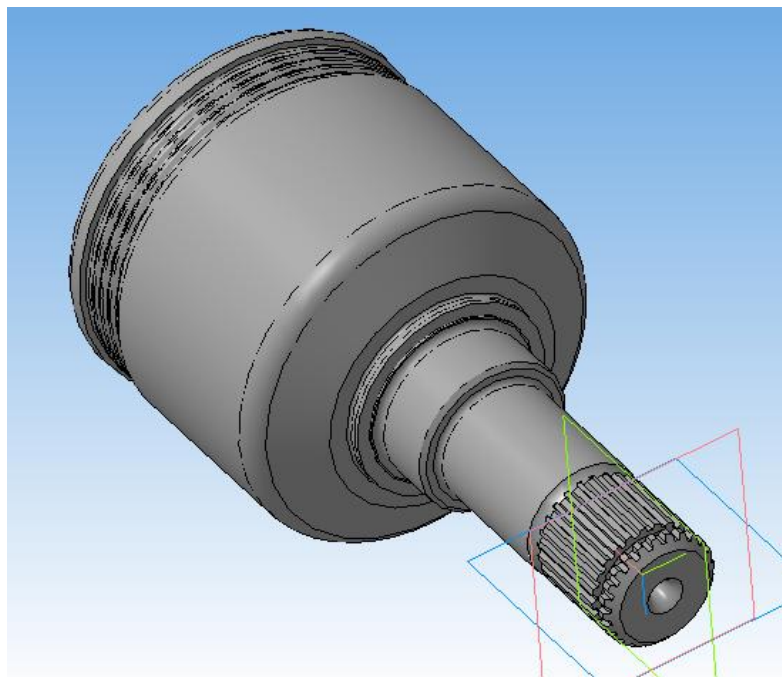


Рис. 1.2 3D модель детали корпус внутреннего шарнира

## 1.2. Классификация поверхностей детали

С целью анализа технических требований, предъявляемых к детали, выполним нумерацию и классификацию ее поверхностей. На рис. 1.3 представлен эскиз детали с нумерацией поверхностей. В таблице 1.1 приведена классификация поверхностей, с точки зрения конструкторских баз, исполнительных и свободных поверхностей. В качестве основной конструкторской базы используется цилиндрическая поверхность 9 и торец 12. По этим поверхностям деталь базируется в подшипниковой опоре коробки передач. В качестве вспомогательных конструкторских баз используются поверхности 4, 5, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 32, по которым базируются детали, входящие в сборку привода. Для технологических баз, ориентирующих деталь в приспособлении при ее изготовлении целесообразно использовать поверхности центровых отверстий 1, 38, 39, 40 (искусственные технологические базы), внутреннюю цилиндрическую поверхность 35, наружную цилиндрическую поверхность 10 и торец 12. Тогда в качестве измерительных баз служат поверхности 10, 12, 35, являющимися базами по чертежу детали. В качестве исполнительных поверхностей детали корпуса внутреннего шарнира служат внутренняя поверхность 36, предназначенная для обкатывания шариков и боковые поверхности шлицев 42 для передачи крутящего момента. Остальные поверхности являются свободными.

Классификация поверхностей детали корпус внутреннего шарнира  
Таблица 1.1

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	9, 12
Вспомогательная конструкторская база	4, 5, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 32
Технологические базы	1, 10, 12, 38, 39, 40
Измерительные базы	10, 12, 35
Исполнительная поверхность	36, 42
Свободные поверхности	остальные



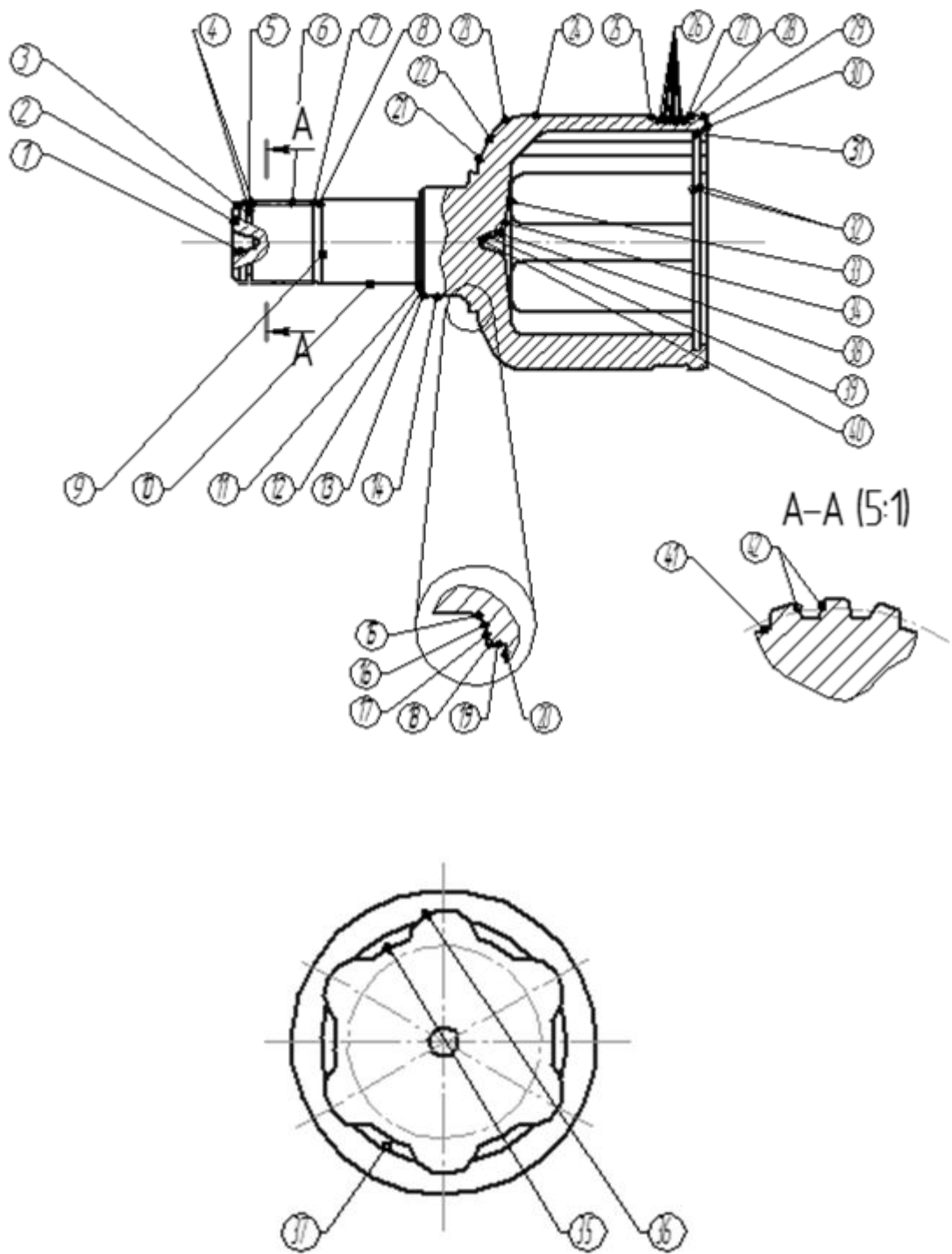


Рис. 1.3. Нумерация поверхностей детали корпус внутреннего шарнира

### 1.3 Анализ технических требований

Для анализа технических требований составим таблицу 1.2 в которой отметим номера поверхностей детали и технические требования, предъявляемые к ним. В таблице укажем все поверхности, кроме свободных (сопрягающих поверхностей), номинальные размеры поверхностей, технические требования по точности размера, отклонению формы и пространственного расположения, шероховатости поверхности.

Как следует из анализа чертежа детали и таблицы 1.2 самыми точными поверхностями детали являются цилиндрическая поверхность 10 Ø 27 мм, являющейся основной конструкторской базой детали; торцовая поверхность 12, также являющейся конструкторской базой. Кроме того ряд технических требований предъявляется к поверхностям 14, 18, поверхностям зубчатых шлицев 42 и цилиндрическим дорожкам 36.

## Технические требования к детали корпус внутреннего шарнира

Таблица 1.2

Номер поверхности	Форма, вид поверхности	Номинальный размер, мм	Предельные Отклонения, мм	Квалитет точности (допуск)	Отклонения формы, мм	Шероховатость, мкм	Примечание
1	цилиндрическая	Ø 4	-	-	-	-	Технологическая база
2, 30	плоские	152,4	-	IT 14	-	Rz 80	Боковые торцы
4	плоские	2,08	+0,25	IT 10	-	-	Торцы канавки
5	тороидальная	Ø 20,4	-0,24	IT 10	-	-	
6	цилиндрическая	Ø 26,46	-0,25	IT 10	-	-	Наружный диаметр шлицев
10	цилиндрическая	Ø 27	$(\begin{smallmatrix} -0,02 \\ -0,041 \end{smallmatrix})$	IT 8	-	Ra 1,6	База
12	плоская	35, до поверхности 4 (торец канавки) $56^{+0,1}$	-	IT 6	-	Ra 1,6	База
14	цилиндрическая	Ø 35	$(-0,062)$	IT 6	Радиальное биение 0,05 относительно базы	Ra 0,25	
16	цилиндрическая	Ø39	-	-	-	-	
17	плоская	45, до базы (поверхность 12) $15 \pm 0,1$	-	IT8	-	Rz 80	
18	цилиндрическая	Ø 45	$(\begin{smallmatrix} +0,04 \\ -0,16 \end{smallmatrix})$	IT10	-	Rz 40	
24	цилиндрическая	Ø82	$(-0,4)$	IT12	Радиальное биение 0,4 относительно базы	Rz 80	
27	цилиндрическая	Ø80	$\pm 0,2$	IT12	-	-	

Продолжение таблицы 1.2

30	плоская	82 (до базы 92)	-	-	-	-	-
31	тороидальная	Ø 69,9	( <sup>+0,3</sup> )	IT12	-	-	-
32	плоская	69,9, от торца 4,5 <sup>+0,25</sup> ; между поверхностям 2,15 <sup>0,2</sup>		IT10	-	-	-
33	плоская	29 от базы 12	-	-	-	-	-
35	цилиндрическая	Ø 59	( <sup>+0,15</sup> )	IT8		Ra 1,6	база
36	Цилиндрическая (полуцилиндр)	R9,58	±0,05	IT6	Отклонение от соосности 0,025R		
41	цилиндрическая	Ø 24,34	( <sup>-0,23</sup> )	IT10			
42	эвольвента	Окружная толщина 1,82	( <sup>+0,021</sup> <sub>-0,014</sub> )	IT8		Ra 2,5	

## 2. Технологическая часть

### 2.1. Анализ типа производства

Тип производства главным образом зависит годовой программы выпуска детали. Так, для детали корпус внутреннего шарнира годовая программа выпуска согласно заданию составляет 100 000 шт/год. При массе детали, равной 1,676 кг. (расчет массы детали получен по результатам САД модели) и годовой программе выпуска тип производства массовый, как и при базовом варианте технологического процесса изготовления детали.

Для синхронизации процессов обработки детали и согласования друг с другом производственных потоков определим такт выпуска детали по формуле:

$$\tau = \frac{60\Phi}{N} \quad (2.1.)$$

где  $\Phi$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования.

$\Phi_d = 3720$  час;  $N$  – годовая программа выпуска

$$\tau = \frac{3720 \cdot 60}{100000} = 1,86 \text{ мин / шт}$$

### 2.2. Выбор и расчет заготовки

На основании анализа чертежа детали, учитывая тип производства и годовую программу выпуска детали примем рациональный метод получения заготовки как и по базовому варианту технологического процесса – заготовка штамповка в открытых штампах (поковка) на горизонтально-ковочной машине. Расчет заготовки проводим в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7505-74 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски».

Исходные данные для расчета заготовки-поковки:

1. Материал детали – легированная сталь 19ХГНМ с содержанием углерода С порядка 0,19 %; хрома Cr около 1 %; марганца Mn 1%; никеля Ni 1%; молибдена Mo 1%.

2. Масса детали – 1,67 кг. Массу детали определим по результатам построения 3D модели детали в САПР Компас.

3. Масса поковки (расчетная):

$$m_{\text{поковки}} = m_{\text{детали}} K_p \quad (2.2.)$$

где  $K_p$  - расчетный коэффициент, по справочным данным [] примем  $K_p = 1,5$

$$m_{\text{поковки}} = 1,67 \cdot 1,5 = 2,5 \text{ кг.}$$

По данным [] расчетная масса поковки попадает в интервал NI=4.

4. Класс точности определим согласно справочным рекомендациям [] Т3 (КТ=3)

5. Группа стали – М2, согласно ГОСТ 7505 – 93 ( MS=2)

6. Степень сложности – С3 (ST=3).

7. Конфигурация поверхности разъема штампа – П (плоская)

8. Исходный индекс поковки определим по формуле:

9.

$$ИИ = NI + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1) \quad (2.3.)$$

Подставляя в формулу (2.3) выбранные значения коэффициентов, получаем:

$$ИИ = 4 + (2 - 1) + (3 - 1) + 2(3 - 1) = 11$$

Численное значение исходного индекса используем для выбора припусков, напусков, дополнительных припусков, штамповочных уклонов для расчета геометрических размеров заготовки.

10. Выбор припусков и кузнечных напусков

Основные припуски на размеры поковки выберем в соответствие с ГОСТ 7505-74. Результаты сведем в таблицу 2.1

## Основные припуски заготовки

Таблица 2.1

Наименование размера	№ поверхности	Величина размера, мм	Шероховатость, мкм	Припуск, мм (на сторону)
Наружный диаметр	24	82	Rz 80	3
Наружный диаметр	14	35	Ra 0,25	2,2
Наружный диаметр	10	27	Ra 1,6	2,2
Внутренний диаметр	35	59	Ra 1,6	3
Толщина	20-30	73	Rz 40	3,5
Толщина	12-17	18,5	Ra 1,6	2,4
Глубина	30-33	63	Rz 80	3

### 11. Дополнительные припуски []:

- учет смещения штампа – 0,5 мм;
- отклонение от плоскостности и прямолинейности – 0,5 мм. (отклонение от прямолинейности стержня); отклонение от плоскостности – 0,8 мм. (по наибольшему диаметру 82 мм.)
- штамповочные уклоны на внутренние поверхности – не более 7°.

### 12. Расчет размеров поковки:

наружный диаметр  $82+(3+0,5+0,5)2=90$  мм.;  
 наружный диаметр  $35+(2,2+0,5+0,5)2=41,4$  мм;  
 наружный диаметр  $27+(2,2+0,5+0,5)2=33,4$  мм;  
 внутренний диаметр  $59-(3+0,5+0,5)2=51$  мм;  
 толщина  $73+3+0,5+0,5=77$  мм;  
 толщина  $18,5+2,4+0,5+0,5=21,9$  мм;  
 глубина  $63+3+0,5=66,5$  мм.

На рассчитанные размеры определим допускаемые отклонения по данным []:

наружный диаметр  $90_{-1,5}^{+3}$  мм  
 наружный диаметр  $41,4_{-2,4}^{+1,2}$  мм;  
 наружный диаметр  $33,4_{-2}^{+1}$  мм;

внутренний диаметр  $51_{-1}^{+0,4}$  мм;

толщина  $77_{-1,3}^{+2,7}$  мм;

толщина  $21,9_{-1}^{+2}$  мм;

глубина  $66,5_{-2,4}^{+1,2}$  мм.

Дополнительные технические требования к заготовке:

1. Допускаемая величина высоты заусенца – 3 мм для массы в интервале от 1 до 5,6 кг.

2. Допускаемое отклонение от плоскости штампа - 0,8 мм;

3. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа – 0,7 мм.

Чертеж заготовки представлен на рис. 2.1

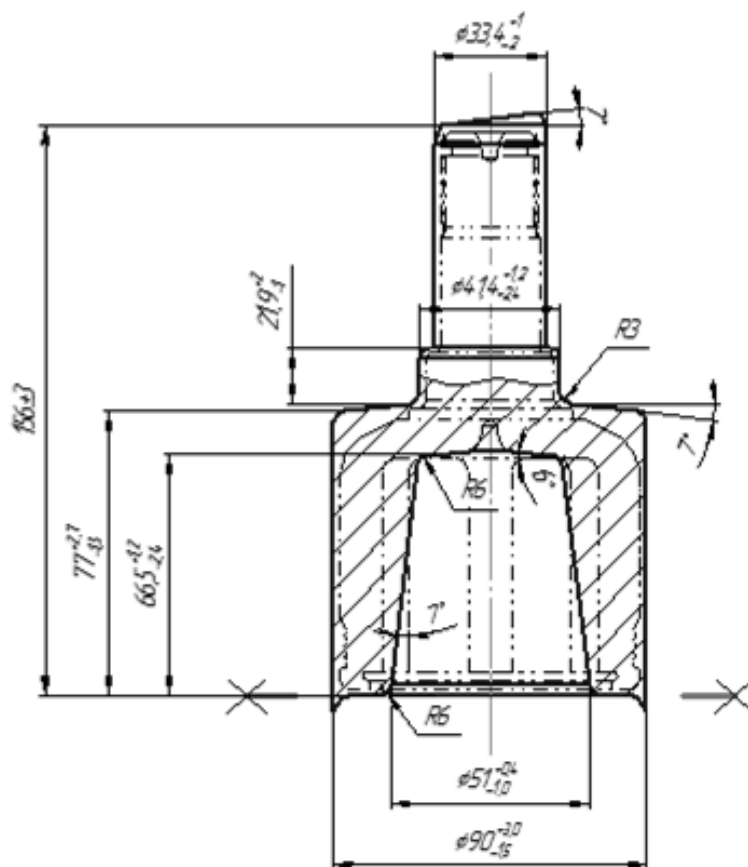


Рис. 2.1 Чертеж заготовки



### 2.3. Выбор методов обработки поверхностей и разработка маршрута обработки

Выбор методов обработки поверхностей осуществляется на основе последовательного достижения требуемой точности обработки. В таблице 2.2 для каждой поверхности детали определим последовательность их обработки с целью достижения требуемой точности и шероховатости поверхности.

Методы обработки поверхности детали корпус внутреннего шарнира

Таблица 2.2

№ поверхности	Допуск на размер, квалитет точности	Шероховатость, мкм	Методы обработки; Последовательность обработки
1	-	-	Сверление (центровые отверстия)
2	IT14	Rz80	Фрезерование, точение (подрезка торца)
3	IT10	-	Точение черновое-Точение чистовое
4	0,25 (IT10)	-	Точение черновое-Точение чистовое
5	0,24 (IT10)	-	Точение черновое-Точение чистовое
6	0,26 (IT10)	-	Точение черновое-Точение чистовое
7	IT10	-	Точение чистовое
8	IT10	-	Точение чистовое
9	IT10	-	Точение чистовое
10	0,021 (IT6)	Ra 1,6	Точение черновое-точение чистовое-шлифование предварительное-шлифование окончательное
11	0,1	Ra 1,6	Точение черновое-точение чистовое-шлифование предварительное-шлифование окончательное
12	0,1	Ra 1,6	Точение черновое-точение чистовое-шлифование предварительное-шлифование окончательное
13	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
14	0,062 (IT8)	Ra 0,25	Точение черновое-точение чистовое-шлифование предварительное-шлифование окончательное
15	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
16	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
17	0,2 (IT10)	-	Точение черновое-точение чистовое

Продолжение таблицы 2.2

18	IT10	Rz 80	Точение черновое-точение чистовое
19	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
20	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
21	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
22	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
23	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
24	(0,4) IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
25	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
26	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
27	0,4 (IT10)	-	Точение черновое-точение чистовое
28	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
29	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
30	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
31	0,3 (IT10)	-	Точение черновое-точение чистовое
32	0,2 (IT10)	-	Точение черновое-точение чистовое
33	IT10	-	Точение черновое-точение чистовое
34	-	-	Обеспечивается на заготовительной операции
35	0,15 (IT10)	Ra 1,6	Точение черновое-точение чистовое-шлифование предварительное
36	0,1 (IT8)	Ra 1,6	Фрезерование-шлифование
38	-	-	Сверление (центровые отверстия)
39	-	-	Сверление (центровые отверстия)
40	-	-	Сверление (центровые отверстия)
41	IT8	Ra 1,6	Шлицефрезерование-шлицевшлифование
42	IT8	Ra 1,6	Шлицефрезерование-шлицевшлифование

На основании таблицы 2.2 из предложенных методов обработки сформируем маршрут изготовления детали корпус внутреннего шарнира:

- операция 00: получение заготовки поковки;
- операция 005: фрезерно-центровальная. На данной операции получаем две технологические базы – центровые отверстия. На этой же

операции осуществляется обработка торца правой стороны детали (наименьший наружный диаметр);

- операция 010: токарная черновая с ЧПУ. На данной операции осуществляется черновая токарная обработка контура детали с правой стороны;

- операция 020: токарная черновая с ЧПУ. На операции подрезается торец левой стороны детали и растачивается отверстие. Также обрабатывается внутренняя канавка.

- операция 030: токарная чистовая с ЧПУ правого конца детали. На операции окончательно формируется заданный профиль детали. Обрабатываются фаски, канавки, радиусные скругления.

- операция 040: шлице-фрезерная. На операции проводится лезвийная обработка 24 эвольвентных шлицев.

- операция 050: химико-термическая обработка, азотирование и нитроцементация, согласно чертежу детали.

- операция 060: предварительное круглое наружное шлифование ответственных поверхностей с правой стороны детали (цилиндрические поверхности под подшипник и сальник);

- операция 070: внутреннее шлифование отверстия левого конца детали. На этой же операции осуществляется глубинное шлифование сферических дорожек качения.

- операция 080: окончательное шлифование поверхностей с правой стороны детали.

- операция 090: полирование поверхности под сальниковое уплотнение.

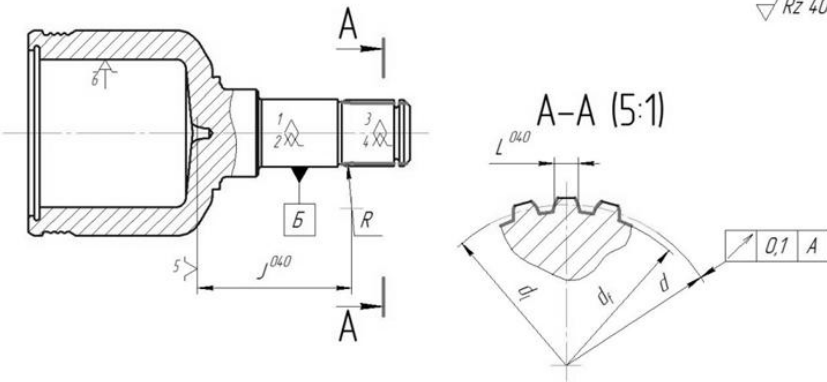
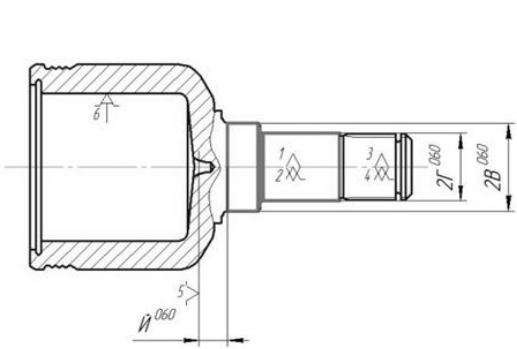
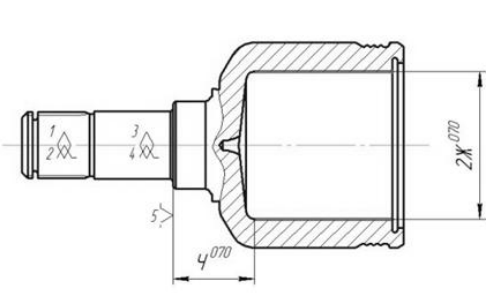
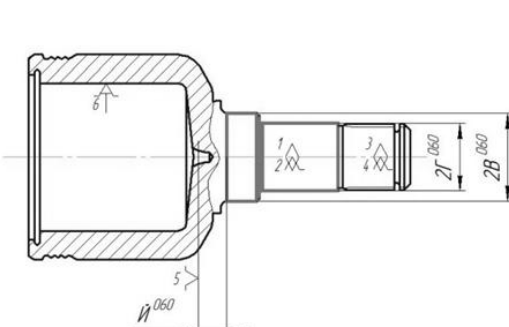
Для схематичной иллюстрации технологических переходов при обработки детали представим план изготовления, на котором отметим достигаемые показатели качества на каждой технологической операции. План изготовления представлен на рис. 2.2 и в графической части работы.

№ операции, IT, название	наименование, модель оборудования	Операционный эскиз, схема базирования, операционные размеры	Операционные допуски и тех. треб.
00, Заготовительная (IT14)	Кривошипный горяче-штамповочный пресс		$T_{2A}^{00}=4,5$ $T_{2Б}^{00}=1,4$ $T_{2В}^{00}=3,6$ $T_{2Г}^{00}=3$ $T_{Л}^{00}=3,6$ $T_{М}^{00}=4,0$ $T_{Q}^{00}=3,0$ $T_{H}^{00}=6$
005, Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок МР-71		$T_{d_1}^{005}=0,1$ $T_{d_2}^{005}=0,1$ $T_X^{005}=0,12$ $T_P^{005}=0,12$ $T_{P'}^{005}=0,05$ $T_{П}^{005}=0,05$ $T_{T}^{005}=0,3$
010, Токарная черновая с ЧПУ (IT12)	Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3		$T_{2A}^{010}=1,2$ $T_{2B}^{010}=0,5$ $T_{2Г}^{010}=0,5$ $T_y^{010}=0,5$ $T_{Ц}^{010}=0,5$ $T_{φ}^{010}=0,5$

Рис. 2.2 План изготовления детали

№ операции, IT, название	наименование, модель оборудования	Операционный эскиз, схема базирования, операционные размеры	Операционные допуски и тех. треб.
020, Токарная черновая с ЧПУ (IT12)	Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3		$T2A^{020}=0,8$ $T2D^{020}=0,2$ $T2X^{020}=0,2$ $T2E^{020}=0,2$ $TX^{020}=0,15$ $T\psi^{020}=0,1$ $T\psi^{020}=0,3$ $T\chi^{020}=0,1$
030, Токарная чистовая с ЧПУ (IT10)	Токарный станок с ЧПУ 16К20Ф3		$T2A^{030}=0,4$ $T2W^{030}=0,2$ $T23^{030}=0,2$ $T2F^{030}=0,2$ $T2B^{030}=0,2$ $T2R^{030}=0,1$ $T2O^{030}=0,1$ $T\psi^{030}=0,12$ $T\eta^{030}=0,12$ $T\psi^{030}=0,2$ $T\phi^{030}=0,1$ $T3^{030}=0,15$ $T\theta^{030}=0,2$ $T\gamma^{030}=0,1$ $TQ^{030}=0,1$ $TW^{030}=0,1$ $T\gamma^{030}=0,1$ $TU^{030}=0,1$ $TS^{030}=0,1$ $T\eta^{030}=0,1$ $TG^{030}=0,1$ $TF^{030}=0,1$ $T\alpha^{030}=1^\circ$ $T\beta^{030}=1^\circ$ $T\gamma^{030}=1^\circ$ $T\delta^{030}=1^\circ$

Продолжение рис. 2.2 План изготовления детали

№ операции, IT-название	наименование, модель оборудования	Операционный эскиз, схема базирования, операционные размеры	Операционные допуски и тех. треб.
040, Шлицефрезерная (IT10)	Шлицефрезерный станок		$TJ^{040}=0,1$ $TL^{040}=0,1$ $Td^{040}=0,08$ $Td_1^{040}=0,1$ $Td_f^{040}=0,1$
<i>050, Химико-термическая обработка (нитроцементация)</i>			
060, Шлифовальная (IT8)	Шлифовальный станок		$T2B^{060}=0,05$ $T2f^{060}=0,05$ $TЙ^{060}=0,1$
070, Внутршлифовальная (IT8)			$T2Ж^{070}=0,1$ $T2Ч^{070}=0,1$
080, Шлифовальная (IT6)	Шлифовальный станок		$T2B^{060}=0,03$ $T2f^{060}=0,03$ $TЙ^{060}=0,1$

Продолжение рис. 2.2 План изготовления детали

№ операции, IT, название	наименование, модель оборудования	Операционный эскиз, схема базирования, операционные размеры	Операционные допуски и тех. треб.
090, Шлицецифровая (IT6)	Шлифовальный станок		$TJ^{090} = 0,05$ $TL^{090} = 0,05$ $Td^{090} = 0,08$ $Td_1^{090} = 0,05$ $Td_f^{090} = 0,05$
100, Шлифовальная (IT6)			$T4^{100} = 0,08$ $T2V^{100} = 0,18$ $TZ^{100} = 0,1$
110, Полировальная			$T2B^{060} = 0,03$ $T\bar{H}^{060} = 0,05$

Продолжение рис. 2.2 План изготовления детали

#### 2.4. Выбор средств технологического оснащения

Для реализации маршрута обработки детали корпус внутреннего шарнира выберем необходимое технологическое оборудование и средства технического и инструментального обеспечения. Результаты по выбору средств технологического оснащения представлены в таблице 2.3



Средства технологического оснащения маршрута обработки  
детали корпус внутреннего шарнира

Табл. 2.3

№ оп.	Название операции. Содержание	Оборудование	Технологическая оснастка	Режущий и мерительный инструмент
00	Заготовительная (поковка)	ГКМ	-	-
005	Фрезерно-центровальная. Фрезеровать торец заготовки и центровать заготовку	MP-71	Специальное зажимное приспособление с гидравлическим приводом	Сборная торцовая фреза Ø 80 мм с мехкреплением твердосплавных пластин; Сверло центровочное Ø 4 мм. Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-150. Калибр
010	Токарная черновая с ЧПУ. Точение контура детали, обработка цилиндрических шеек	16К20Ф3	Разжимная эластичная оправка с пневмоприводом	Призматическая державка T-Max. PCLNR 2525 M12, пластина CNMG 12 04 08-PR 4325 Sandvik; Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-150. Калибр
020	Токарная черновая с ЧПУ. Растачивание отверстия, обработка канавки и фаски	16К20Ф3	Патрон трехкулочковый самоцентрирующийся с пневмоприводом	Резец расточной S25X-MCLNR 12-B h12, пластина DNMG 1506008 Sandvik. Резец канавочный Микрометр-нутрометр, Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-150
030	Токарная чистовая с ЧПУ. Чистовая обработка	16К20Ф3	Разжимная эластичная оправка с пневмоприводом	Резец токарный с мехкреплением пластины. Державка PCLNR 2525 M12, пластина DNMG 1506008

	цилиндрических шеек, обработка канавок и фасок			Sandvik; Резец канавочный Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-150. Калибр
040	Шлице-фрезерная. Обработка 24 шлицев на наружной шейке детали	Шлицефрезерный горизонтальный полуавтомат 5А352ПФ2	Центра, специальное зажимное приспособление	Фреза червячная тип I 2520-0701 d27 ГОСТ 8027-86. Калибр
050	Химико-термическая обработка	-	-	-
060	Круглошлифовальная предварительная	Круглошлифовальный станок 3М150	Центр жесткий ГОСТ 13214-79, разжимная оправка специальная	Абразивный круг 1 400×40×127 25АF80L7 ГОСТ Р 52781-2007. Микрометр 25-50
070	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3А227АФ2	Приспособление специальное	Абразивный круг 1 40×40×20 25АF80L7 ГОСТ Р 52781-2007. Микрометр 25-50
080	Круглошлифовальная окончательная	Круглошлифовальный станок 3М150	Центр жесткий ГОСТ 13214-79, разжимная оправка специальная	Абразивный круг 1 400×40×127 25АF80L7 ГОСТ Р 52781-2007. Микрометр 25-50
090	Шлицешлифовальная			
100	Полировальная	Полировальный станок		Лента полировальная

## 2.5. Расчет припусков и межоперационных размеров

Расчет припусков и межоперационных размеров произведем для поверхностей последовательность обработки которых включает различные методы механической обработки, т.е. для ответственных поверхностей №№ 10, 14, 35, 42.

Технологический маршрут обработки поверхности № 10 (шейка диаметром  $\varnothing 27_{-0,041}^{-0,02}$ ) включает в себя следующие операции:

010 Токарная черновая

030 Токарная чистовая

050 Химико-термическая обработка

060 Круглошлифовальная предварительная

080 Круглошлифовальная окончательная

Базирование детали при черновой токарной обработке осуществляется по центровым отверстиям и зажимается с помощью специальной пневматической оправки. На чистовой токарной операции деталь базируется в центрах и зажимается разжимной оправкой типа цанги по внутренней цилиндрической поверхности, предварительно обработанной на черновой операции. На операциях предварительного и окончательного шлифования деталь базируется в центровых отверстиях на жестких центрах, зажимается по внутренней поверхности с помощью цанги.

Для расчета припусков на обработку необходимо определить их составляющие. На первом этапе определим пространственные отклонения на каждой операции. На 010 черновой токарной операции пространственные отклонения будут равны отклонениям заготовки, т.е.:

$$\Delta_1 = \Delta_3 \quad (2.4)$$

Согласно справочным данным [ ] для штампованных заготовок при обработке валов пространственное отклонение определяется по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{кр}^2 + \Delta_{см}^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (2.5)$$

где  $\Delta_{кр}$  - величина коробления заготовки, мм;  $\Delta_{см}$  - величина смещения по поверхности разъема штампа, мм;  $\Delta_{ц}$  - погрешность зацентровки, мм

Для заготовки класса точности Т3 и наибольшим размером св. 100 до 160 мм пространственное коробление составляет 0,3 мм. [] Для массы заготовки 2,5 кг, класса точности Т3 и плоской поверхности разъема штампа величина смещения равна 0,3 мм. [].

Для расчета погрешности зацентровки воспользуемся формулой 2.6 []:

$$\Delta_{ц} = 0,25(ITD^2 + 1)^{0,5}, \quad (2.6)$$

где  $ITD$  - допуск на наибольший размер по которому базируется деталь при зацентровке. При центровке на 005 технологической фрезерно-центровальной операции максимальный размер по которому осуществляется базирование заготовки равен  $41,4_{-2,4}^{+1,2}$  мм, т.е. допуск  $IT=3,6$  мм. Подставляя полученное значение в формулу 2.6 получим величину погрешности зацентровки:

$$\Delta_{ц} = 0,25(3,6^2 + 1)^{0,5} = 0,934 \text{ мм.}$$

Подставляя выбранные справочные и рассчитанные данные в формулу 2.5 получим:

$$\Delta = \sqrt{0,3^2 + 0,3^2 + 0,934^2} = 1,025 \text{ мм}$$

При чистовой токарной обработки пространственные отклонения будут равны пространственным отклонениям после черновой обработки, которые можно определить по формуле:

$$\Delta_{черн} = K_y \Delta_{заг}, \quad (2.7)$$

где  $K_y$  - коэффициент уточнения, по данным [] для чернового точения равный 0,06.

$$\Delta_{черн} = 0,06 \cdot 1,025 = 0,0615 \text{ мм.}$$

После чистового точения производится химико-термическая обработка - поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) с последующей

цементацией и нитроцементацией. Величину пространственного отклонения после термообработки определим по формуле:

$$\Delta_{\text{терм}} = \frac{0,001n_kL}{0,1d+0,3}, \quad (2.8)$$

где  $n_k$  – коэффициент термообработки (для закалки ТВЧ  $n_k = 0,5$ ) [ ];  $L$  – длина закаливаемого участка детали,  $L = 31,5$  мм (согласно чертежу детали);  $d = 27$  мм обрабатываемый диаметр.

$$\Delta_{\text{терм}} = \frac{0,001 \cdot 0,5 \cdot 31,5}{0,1 \cdot 27 + 0,3} = 0,00525 \text{ мм}$$

На операции предварительного шлифования пространственные отклонения включают в себя отклонения после чистового точения и внесенные в результате термообработки [ ]:

$$\Delta_{\text{ш пред}} = \sqrt{\Delta_{\text{чист}}^2 + \Delta_{\text{терм}}^2}, \quad (2.9)$$

где  $\Delta_{\text{чист}}$  – пространственные отклонения после чистовой обработки, рассчитываемые аналогично формуле (2.7)  $\Delta_{\text{чист}} = K_y \Delta_{\text{черн}}$ , где  $K_y$  – коэффициент уточнения для чистовой обработки, равный  $K_y = 0,04$  [ ];  $\Delta_{\text{черн}} = 0,0615$  мм пространственные отклонения после черновой обработки. Подставляя справочные и расчетные данные для величины  $\Delta_{\text{чист}}$  получим значение:

$$\Delta_{\text{чист}} = 0,04 \cdot 0,0615 = 0,00246 \text{ мм}$$

Тогда для предварительного шлифования расчетное значение пространственного отклонения будет равно:

$$\Delta_{\text{ш пред}} = \sqrt{0,00246^2 + 0,00525^2} = 0,00583 \text{ мм}$$

Для чистового шлифования пространственные отклонения будут равны:

$$\Delta_{\text{ш чист}} = K_y \Delta_{\text{ш пред}} = 0,03 \cdot 0,00583 = 0,000175 \text{ мм.}$$

Следующим этапом определим погрешности установки на технологических операциях.

На черновой токарной операции заготовка зажимается по внутренней цилиндрической поверхности при помощи специальной эластичной разжимной оправки и поджимается задним центром, в связи с чем примем погрешность базирования заготовки  $\varepsilon_6 = 0$  []. Погрешность установки определим по формуле []:

$$\varepsilon_{\text{черн}} = (\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)^{0,5}, \quad (2.10)$$

где  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм. Погрешность закрепления определим по формуле:

$$\varepsilon_3 = (\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2)^{0,5}, \quad (2.11)$$

где  $\varepsilon_{\text{рад}}$  – радиальная составляющая погрешности, по данным [] для черновой обработки точением находим  $\varepsilon_{\text{рад}} = 0,3$  мм;  $\varepsilon_{\text{ос}}$  – осевая составляющая  $\varepsilon_{\text{ос}} = 0,1$  мм.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{\text{черн}} = (0,3^2 + 0,1^2)^{0,5} = 0,316 \text{ мм}$$

При чистовой токарной обработки и шлифовании погрешность установки равна  $\frac{1}{4}$  допуска на получаемый размер заготовки. Так при чистовой токарной обработки наружной поверхности  $\varnothing 27$  мм допуск на размер, согласно справочным данным [] составляет  $Td = 0,12$  мм, при шлифовании соответственно  $Td = 0,08$  мм – при предварительном шлифовании;  $Td = 0,02$  мм – при окончательном шлифовании. Тогда погрешности установки для чистового точения составит  $\varepsilon_{\text{чист}} = 0,25 \cdot 0,12 = 0,03$  мм; для предварительного шлифования  $\varepsilon_{\text{ш пред}} = 0,25 \cdot 0,08 = 0,02$  мм; для окончательного шлифования  $\varepsilon_{\text{ш чист}} = 0,25 \cdot 0,02 = 0,005$  мм.

Произведем расчет минимальных припусков на обработку:

1. Минимальный припуск на чистовое шлифования определим по формуле:

$$2Z_{\text{min ш чист}} = 2 Rz_{\text{ш пред}} + h_{\text{ш пред}} + 2(\Delta_{\text{ш пред}}^2 + \varepsilon_{\text{ш чист}}^2)^{0,5}, \quad (2.12)$$

где  $Rz_{ш\text{ пред}}$  – параметр шероховатости, полученный на предшествующей обработке (предварительном шлифовании). По данным [1]  $Rz_{ш\text{ пред}} = 10 \text{ мкм} = 0,01 \text{ мм}$ ;  $h_{ш\text{ пред}}$  – величина дефектного слоя,  $h_{ш\text{ пред}} = 0,02 \text{ мм}$  [1];  $\Delta_{ш\text{ пред}} = 0,00583 \text{ мм}$ ;  $\varepsilon_{ш\text{ чист}} = 0,005 \text{ мм}$  пространственные отклонения для предварительного шлифования и погрешность установки. Подставляя выбранные значения в формулу 2.12 получим:

$$2Z_{\min\text{ ш чист}} = 2 \cdot 0,01 + 0,02 + 2(0,00583^2 + 0,005^2)^{0,5} = 0,06 \text{ мм}$$

2. Минимальный припуск на предварительное шлифование аналогично формуле 2.12:

$$2Z_{\min\text{ ш пред}} = 2 \cdot Rz_{\text{чист}} + h_{\text{чист}} + 2(\Delta_{\text{чист}}^2 + \varepsilon_{ш\text{ пред}}^2)^{0,5}$$

где  $Rz_{\text{чист}}$ ,  $h_{\text{чист}}$  – соответственно параметр шероховатости и величина дефектного слоя для чистового точения. По данным [1] для чистового точения определим  $Rz_{\text{чист}} = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{чист}} = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$ .

$$2Z_{\min\text{ ш пред}} = 2 \cdot 0,025 + 0,025 + 2(0,00246^2 + 0,02^2)^{0,5} = 0,14 \text{ мм}$$

3. Минимальный припуск на чистовое точение:

$$2Z_{\min\text{ чист}} = 2 \cdot Rz_{\text{черн}} + h_{\text{черн}} + 2(\Delta_{\text{черн}}^2 + \varepsilon_{\text{чист}}^2)^{0,5}$$

где  $Rz_{\text{черн}}$ ,  $h_{\text{черн}}$  – соответственно параметр шероховатости и величина дефектного слоя для чернового точения. По данным [1] для чернового точения определим  $Rz_{\text{чист}} = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{чист}} = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$ .

$$2Z_{\min\text{ чист}} = 2 \cdot 0,05 + 0,05 + 2(0,0615^2 + 0,03^2)^{0,5} = 0,336 \text{ мм}$$

4. Минимальный припуск на черновое точение:

$$2Z_{\min\text{ черн}} = 2 \cdot Rz_{\text{заготовки}} + h_{\text{заготовки}} + 2(\Delta_{\text{заготовки}}^2 + \varepsilon_{\text{черн}}^2)^{0,5}$$

где  $Rz_{\text{заготовки}}$ ,  $h_{\text{заготовки}}$  – соответственно параметр шероховатости и величина дефектного слоя заготовки. По данным [1] определим  $Rz_{\text{заготовки}} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{чист}} = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм}$ .

$$2Z_{\min\text{ черн}} = 2 \cdot 0,12 + 0,2 + 2(1,025^2 + 0,316^2)^{0,5} = 2,784 \text{ мм}$$

Произведем расчет максимальных промежуточных припусков на обработку по формуле:

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + ITD_{i-1} + ITD_i, \quad (2.13)$$

где  $ITD_{i-1}$  – допуск на размер обрабатываемой поверхности, получаемой на предшествующей операции;  $ITD_i$  – допуск на размер обрабатываемой поверхности, получаемой на выполняемой операции.

Рассчитаем максимальный промежуточный припуск на чистовое шлифование. После чистового шлифования должен получиться размер равный  $\varnothing 27_{-0,041}^{-0,02}$ , т.е. с допуском  $ITD_i = ITD_{\text{ш чист}} = 0,021$  мм. Поле допуска на предварительное шлифование определим по справочным данным [ ] для 8 качества точности для размера  $\varnothing 27$  допуск составляет  $ITD_{i-1} = ITD_{\text{ш пред}} = 0,05$  мм. Подставляя полученные данные в формулу 2.13, и учитывая значение минимального припуска на чистовой шлифование  $2Z_{i \min} = 0,06$  мм получим:

$$2Z_{\max \text{ш чист}} = 0,06 + 0,05 + 0,021 = 0,131 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на предварительное шлифование определим по формуле, аналогичной формуле (2.13)

$$2Z_{\max \text{ш пред}} = 2Z_{\min \text{ш пред}} + ITD_{\text{ш чист}} + ITD_{\text{ш пред}} \quad (2.14)$$

Допуск на размер после чистового точения для 10 качества точности определим по справочным данным [ ], согласно которым для размера  $\varnothing 27$  допуск  $ITD_{\text{ш чист}} = 0,1$  мм. Подставляя данные в (2.14) получим:

$$2Z_{\max \text{ш пред}} = 0,14 + 0,1 + 0,05 = 0,29 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на чистовое точение определим по формулам, аналогичным (2.13), (2.14).

$$2Z_{\max \text{ш чист}} = 2Z_{\min \text{ш чист}} + ITD_{\text{ш черн}} + ITD_{\text{ш чист}} \quad (2.15)$$

Допуск на размер после чернового точения для 12 качества точности определим по справочным данным [ ], согласно которым для размера  $\varnothing 27$  допуск  $ITD_{\text{ш черн}} = 0,24$  мм. Подставляя данные в (2.15) получим:

$$2Z_{\max \text{ш чист}} = 0,336 + 0,24 + 0,1 = 0,676 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на черновое точение определим по формулам, аналогичным (2.13), (2.14), (2.15).



$$2Z_{\max \text{ черн}} = 2Z_{\min \text{ черн}} + ITD_{\text{заг}} + ITD_{\text{черн}} \quad (2.16)$$

Допуск на размер заготовки  $ITD_{\text{заг}} = 3$  мм. Подставляя данные в (2.16) получим:

$$2Z_{\max \text{ черн}} = 2,784 + 3 + 0,24 = 6,024 \text{ мм}$$

Определим номинальные межпереходные припуски.

Для чистового шлифования номинальный межпереходный припуск:

$$2Z_{\text{ш чист}} = 2Z_{\min \text{ ш чист}} + es_{\text{дет}} + ei_{\text{ш пред}} = 0,06 + -0,02 + 0,021 = 0,061 \text{ мм};$$

для предварительного шлифования:

$$2Z_{\text{ш пред}} = 2Z_{\min \text{ ш пред}} + es_{\text{ш пред}} + ei_{\text{чист}} = 0,14 + 0 + 0,1 = 0,24 \text{ мм};$$

для чистового точения:

$$2Z_{\text{чист}} = 2Z_{\min \text{ чист}} + es_{\text{чист}} + ei_{\text{черн}} = 0,336 + 0 + 0,24 = 0,576 \text{ мм};$$

для чернового точения:

$$2Z_{\text{черн}} = 2Z_{\min \text{ черн}} + es_{\text{черн}} + ei_{\text{заг}} = 0,336 + 0 + 2 = 2,336 \text{ мм}$$

Определим операционные размеры.

Для последней операции окончательного шлифования операционный размер равен размеру детали по чертежу:

$$D_{\text{ш чист}} = D_{\text{дет}} = 27_{-0,041}^{-0,02}$$

На операции предварительного шлифования:

$$D_{\text{ш пред}} = D_{\text{дет}} + 2Z_{\text{ш чист}} = 27 + 0,061 = 27,061 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{ш пред}} = 27,061_{-0,05}$  мм.

На операции чистового точения:

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{ш пред}} + 2Z_{\text{ш пред}} = 27,061 + 0,24 = 27,301 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{чист}} = 27,3_{-0,1}$  мм.

На операции чернового точения:

$$D_{\text{черн}} = D_{\text{чист}} + 2Z_{\text{чист}} = 27,3 + 0,576 = 27,876 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{черн}} = 27,876_{-0,24}$  мм.

В результате размер заготовки:

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{черн}} + 2Z_{\text{черн}} = 27,876 + 2,336 = 30,212 \text{ мм.}$$

Технологический маршрут обработки поверхности № 14 (шейка диаметром  $\varnothing 35_{-0,062}$ ) включает в себя следующие операции:

010 Токарная черновая

030 Токарная чистовая

050 Химико-термическая обработка

060 Круглошлифовальная предварительная

080 Круглошлифовальная окончательная

100 Полировальная

Пространственные отклонения и погрешности установки при обработке поверхности будут такими же как и при обработки поверхности  $\varnothing 27$  мм:

На черновой токарной операции:

$$\Delta = 1,025 \text{ мм; } \varepsilon_z = 0,316 \text{ мм}$$

На чистовой токарной операции:  $\Delta_{\text{черн}} = 0,0615 \text{ мм.}; \varepsilon_{\text{чист}} = 0,03 \text{ мм.};$

На предварительном шлифовании:  $\Delta_{\text{ш пред}} = 0,00583 \text{ мм.}; \varepsilon_{\text{ш пред}} = 0,02 \text{ мм}$

На чистовом шлифовании:  $\Delta_{\text{ш чист}} = 0,000175 \text{ мм.}; \varepsilon_{\text{ш чист}} = 0,005 \text{ мм}$

Произведем расчет минимальных припусков на обработку:

1. Минимальный припуск на чистовое шлифования

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{min ш чист}} &= 2 RZ_{\text{ш пред}} + h_{\text{ш пред}} + 2(\Delta_{\text{ш пред}}^2 + \varepsilon_{\text{ш чист}}^2)^{0,5} = \\ &= 2 \cdot 0,01 + 0,02 + 2(0,00583^2 + 0,005^2)^{0,5} = 0,06 \text{ мм} \end{aligned}$$

2. Минимальный припуск на предварительное шлифование:

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{min ш пред}} &= 2 RZ_{\text{чист}} + h_{\text{чист}} + 2(\Delta_{\text{чист}}^2 + \varepsilon_{\text{ш пред}}^2)^{0,5} = \\ &= 2 \cdot 0,025 + 0,025 + 2(0,00246^2 + 0,02^2)^{0,5} = 0,14 \text{ мм} \end{aligned}$$

3. Минимальный припуск на чистовое точение:

$$\begin{aligned} 2Z_{\text{min чист}} &= 2 RZ_{\text{черн}} + h_{\text{черн}} + 2(\Delta_{\text{черн}}^2 + \varepsilon_{\text{чист}}^2)^{0,5} = 2 \cdot 0,05 + \\ &0,05 + 2(0,0615^2 + 0,03^2)^{0,5} = 0,336 \text{ мм} \end{aligned}$$

4. Минимальный припуск на черновое точение:

$$2Z_{\min \text{ черн}} = 2 RZ_{\text{заготовки}} + h_{\text{заготовки}} + 2(\Delta_{\text{заготовки}}^2 + \varepsilon_{\text{черн}}^2)^{0,5} =$$

$$2 \cdot 0,12 + 0,2 + 2(1,025^2 + 0,316^2)^{0,5} = 2,784 \text{ мм}$$

Произведем расчет максимальных промежуточных припусков на обработку. Рассчитаем максимальный промежуточный припуск на чистовое шлифование. После чистового шлифования должен получиться размер равный  $\varnothing 35_{-0,062}$ , т.е. с допуском  $ITD_i = ITD_{\text{ш чист}} = 0,062$  мм. Поле допуска на предварительное шлифование определим по справочным данным [1] для 8 квалитета точности для размера  $\varnothing 35$  допуск составляет  $ITD_{i-1} = ITD_{\text{ш пред}} = 0,05$  мм. Подставляя полученные данные и учитывая значение минимального припуска на чистовой шлифование  $2Z_{i \min} = 0,06$  мм получим:

$$2Z_{\max \text{ ш чист}} = 0,06 + 0,05 + 0,062 = 0,172 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на предварительное шлифование. Допуск на размер после чистового точения для 10 квалитета точности определим по справочным данным [1], согласно которым для размера  $\varnothing 35$  допуск  $ITD_{\text{чист}} = 0,12$  мм. Подставляя данные получим:

$$2Z_{\max \text{ ш пред}} = 0,14 + 0,12 + 0,05 = 0,31 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на чистовое точение. Допуск на размер после чернового точения для 12 квалитета точности определим по справочным данным [1], согласно которым для размера  $\varnothing 35$  допуск  $ITD_{\text{черн}} = 0,3$  мм. Подставляя данные получим:

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 0,336 + 0,3 + 0,12 = 0,756 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на черновое точение определим по формуле.

$$2Z_{\max \text{ черн}} = 2Z_{\min \text{ черн}} + ITD_{\text{заг}} + ITD_{\text{черн}}$$

Допуск на размер заготовки  $ITD_{\text{заг}} = 3,6$  мм. Подставляя данные в получим:

$$2Z_{\max \text{ черн}} = 2,784 + 3,6 + 0,3 = 6,684 \text{ мм}$$

Определим номинальные межпереходные припуски.

Для чистового шлифования номинальный межпереходный припуск:

$$2Z_{\text{ш чист}} = 2Z_{\text{min ш чист}} + es_{\text{дет}} + ei_{\text{ш пред}} = 0,06 + 0 + 0,05 = 0,11 \text{ мм};$$

для предварительного шлифования:

$$2Z_{\text{ш пред}} = 2Z_{\text{min ш пред}} + es_{\text{ш пред}} + ei_{\text{чист}} = 0,14 + 0 + 0,12 = 0,26 \text{ мм};$$

для чистового точения:

$$2Z_{\text{чист}} = 2Z_{\text{min чист}} + es_{\text{чист}} + ei_{\text{черн}} = 0,336 + 0 + 0,3 = 0,636 \text{ мм};$$

для чернового точения:

$$2Z_{\text{черн}} = 2Z_{\text{min черн}} + es_{\text{черн}} + ei_{\text{заг}} = 0,336 + 0 + 2,4 = 2,736 \text{ мм}$$

Определим операционные размеры.

Для последней операции окончательного шлифования операционный размер равен размеру детали по чертежу:

$$D_{\text{ш чист}} = D_{\text{дет}} = 35_{-0,062}$$

На операции предварительного шлифования:

$$D_{\text{ш пред}} = D_{\text{дет}} + 2Z_{\text{ш чист}} = 35 + 0,11 = 35,11 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{ш пред}} = 35,11_{-0,05}$  мм.

На операции чистового точения:

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{ш пред}} + 2Z_{\text{ш пред}} = 35,11 + 0,26 = 35,37 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{чист}} = 35,37_{-0,12}$  мм.

На операции чернового точения:

$$D_{\text{черн}} = D_{\text{чист}} + 2Z_{\text{чист}} = 35,37 + 0,636 = 36,006 \text{ мм.}$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{черн}} = 36_{-0,3}$  мм.

В результате размер заготовки:

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{черн}} + 2Z_{\text{черн}} = 36 + 2,736 = 38,742 \text{ мм.}$$

Технологический маршрут обработки поверхности № 35 (внутренняя поверхность диаметром  $\varnothing 59^{+0,15}$ ) включает в себя следующие операции:

020 Токарная черновая

050 Химико-термическая обработка

070 Внутришлифовальная

Базирование детали при черновой токарной обработке и внутреннем шлифовании осуществляется по наружной поверхности (обработанный диаметр 27 мм) и торцу, зажимается с помощью 3-х кулачкового патрона.

Определим пространственные отклонения на каждой операции. На 020 черновой токарной операции пространственные отклонения будут равны отклонениям детали после токарной черновой обработки на операции 010.

$$\Delta_{\text{черн}} = 0,0615 \text{ мм.}$$

После токарной обработки производится химико-термическая обработка – поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) с последующей цементацией и нитроцементацией. Величина пространственного отклонения после термообработки равна

$$\Delta_{\text{терм}} = 0,00525 \text{ мм}$$

На операции внутреннего шлифования пространственные отклонения включают в себя отклонения после чистового точения и внесенные в результате термообработки []:

$$\Delta_{\text{ш пред}} = \sqrt{\Delta_{\text{черн}}^2 + \Delta_{\text{терм}}^2},$$

где  $\Delta_{\text{черн}} = 0,0615$  мм пространственные отклонения после черновой обработки. Подставляя справочные и расчетные данные получим значение:

$$\Delta_{\text{ш пред}} = \sqrt{0,00246^2 + 0,00525^2} = 0,00583 \text{ мм}$$

Определим погрешности установки на технологических операциях.

На черновой токарной операции заготовка зажимается по наружной поверхности трехкулачковым самоцентрирующим патроном, в связи с чем

примем погрешность базирования заготовки  $\varepsilon_6 = 0$  []. Погрешность установки определим по формуле []

$$\varepsilon_{\text{черн}} = (\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)^{0,5},$$

где  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм. Погрешность закрепления определим по формуле:

$$\varepsilon_3 = (\varepsilon_{\text{рад}}^2 + \varepsilon_{\text{ос}}^2)^{0,5},$$

где  $\varepsilon_{\text{рад}}$  – радиальная составляющая погрешности, по данным [] для черновой обработки точением находим  $\varepsilon_{\text{рад}} = 0,3$  мм;  $\varepsilon_{\text{ос}}$  – осевая составляющая  $\varepsilon_{\text{ос}} = 0,1$  мм.

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{\text{черн}} = (0,3^2 + 0,1^2)^{0,5} = 0,316 \text{ мм}$$

При шлифовании погрешность установки равна  $\frac{1}{4}$  допуска на получаемый размер заготовки. Так при шлифовании соответственно  $Td = 0,1$  мм. Тогда погрешность установки для шлифования  $\varepsilon_{\text{ш}} = 0,25 \cdot 0,1 = 0,25$  мм.

Произведем расчет минимальных припусков на обработку:

Минимальный припуск на внутреннее шлифования определим по формуле:

$$2Z_{\text{min ш}} = 2 Rz_{\text{точение}} + h_{\text{точение}} + 2(\Delta_{\text{точение}}^2 + \varepsilon_{\text{ш}}^2)^{0,5},$$

где  $Rz_{\text{точение}}$  – параметр шероховатости, полученный на предшествующей обработке (черновом растачивании). По данным []  $Rz = 10$  мкм = 0,01 мм.;  $h_{\text{точение}}$  – величина дефектного слоя,  $h_{\text{точение}} = 0,02$  мм [];  $\Delta_{\text{точение}} = 0,0615$  мм;  $\varepsilon_{\text{ш}} = 0,25$  мм пространственные отклонения для предварительного шлифования и погрешность установки. Подставляя выбранные значения получим:

$$2Z_{\text{min ш}} = 2 \cdot 0,01 + 0,02 + 2(0,0615^2 + 0,25^2)^{0,5} = 0,09 \text{ мм}$$

Минимальный припуск на растачивание отверстия:

$$2Z_{\text{min точение}} = 2 Rz_{\text{заготовки}} + h_{\text{заготовки}} + 2(\Delta_{\text{заготовки}}^2 + \varepsilon_{\text{точение}}^2)^{0,5}$$

где  $Rz_{\text{заготовки}}$ ,  $h_{\text{заготовки}}$  – соответственно параметр шероховатости и величина дефектного слоя заготовки. По данным [1] определим  $Rz_{\text{заготовки}} = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{чист}} = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм}$ .

$$2Z_{\text{min точение}} = 2 \cdot 0,12 + 0,2 + 2(1,025^2 + 0,316^2)^{0,5} = 2,784 \text{ мм}$$

Рассчитаем максимальный промежуточный припуск на внутреннее шлифование. После шлифования должен получиться размер равный  $\varnothing 59^{+0,15}$ , т.е. с допуском  $ITD_i = ITD_{\text{ш}} = 0,15 \text{ мм}$ . Поле допуска на точение (расточивание отверстия) определим по справочным данным [1] для 8 квалитета точности для размера  $\varnothing 59$  допуск составляет  $ITD_{i-1} = ITD_{\text{точение}} = 0,3 \text{ мм}$ . Подставляя полученные данные, и учитывая значение минимального припуска на чистовой шлифование  $2Z_{\text{min шлиф}} = 0,09 \text{ мм}$  получим:

$$2Z_{\text{max ш}} = 0,09 + 0,15 + 0,3 = 0,54 \text{ мм}$$

Максимальный промежуточный припуск на растачивание отверстия определим по формулам, аналогичным (2.13), (2.14).

$$2Z_{\text{max точение}} = 2Z_{\text{min точение}} + ITD_{\text{точение}} + ITD_{\text{заг}},$$

Где допуск на размер заготовки  $ITD_{\text{заг}} = 1,4 \text{ мм}$ .

$$2Z_{\text{max точение}} = 2,784 + 0,3 + 0,15 + 1,4 = 4,484 \text{ мм}$$

Определим номинальные межпереходные припуски.

Для чистового шлифования номинальный межпереходный припуск:

$$2Z_{\text{ш}} = 2Z_{\text{min ш}} + es_{\text{дет}} + ei_{\text{точение}} = 0,09 + 0,15 + 0,3 = 0,54 \text{ мм};$$

для чернового точения:

$$2Z_{\text{точения}} = 2Z_{\text{min точения}} + es_{\text{точения}} + ei_{\text{заг}} = 2,784 + 0 + (-1) = 1,784 \text{ мм}$$

Определим операционные размеры.

Для последней операции окончательного шлифования операционный размер равен размеру детали по чертежу:

$$D_{\text{ш}} = D_{\text{дет}} = 59^{+0,15}$$

На операции точения:

$$D_{\text{точение}} = D_{\text{ш}} - 2Z_{\text{ш}} = 59 - 0,54 = 58,46 \text{ мм}.$$

С учетом допуска на размер  $D_{\text{точение}} = 58,46_{-0,3}$  мм.

В результате размер заготовки:

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{точение}} - 2Z_{\text{черн}} = 58,46 - 1,784 = 56,676 \text{ мм.}$$

## 2.6. Расчет режимов резания и проектирование операций

Операция 010 Токарная черновая. На данной операции за один технологический установ одним инструментом осуществляется черновая обработка поверхностей №№ 10, 12, 14, 22, 24. Наиболее точными поверхностями являются цилиндрические поверхности № 10, 14. Схема обработки на черновой 010 операции приведена на рис. 2.3

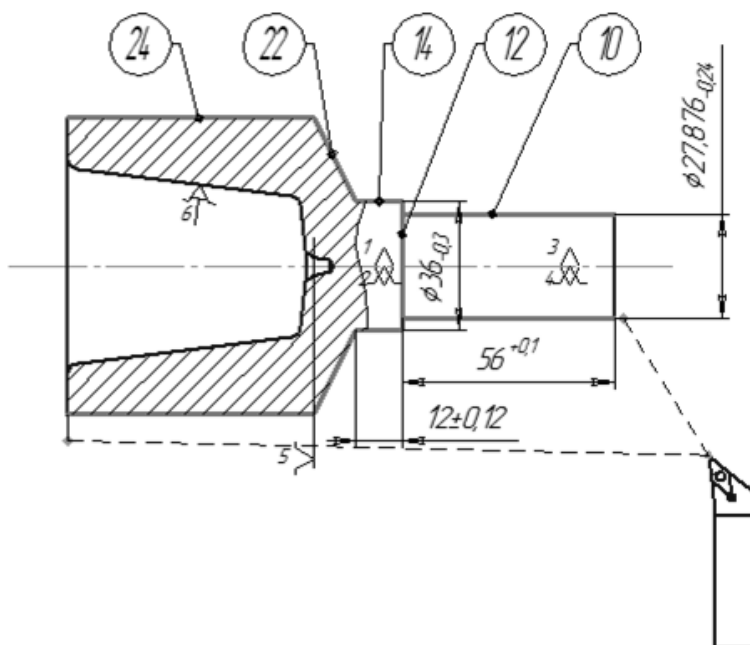


Рис. 2.3 Технологическая схема обработки детали на 010 операции токарной черновой

Расчет режимов резания произведем для обработки ответственных поверхностей №№ 10, 14. Следует отметить, что на данной операции также осуществляется обработка более большого диаметра (поверхность 24, диаметр обработки  $\varnothing 82$  мм), однако в связи с тем что обработка осуществляется на станке с ЧПУ режим резания возможно автоматически



скорректировать на обработку данной поверхности (в частности снизить скорость резания, число оборотов шпинделя)

Рассчитаем режимы резания для обработки наружной цилиндрической поверхности в операционный размер  $\varnothing 27,876_{-0,24}$  мм.

Номинальный припуск на обработку  $2Z_{\text{черн}} = 2,336$  мм., т.е. глубина резания в случае однопроходной обработки составит 1,168 мм.

Подача на оборот при черновой обработки  $s=0,3$  мм/об.

Скорость резания определим по формуле []

$$v = \frac{C_v}{T^{m \cdot t x \cdot s y}} \cdot K_v \quad (2.18)$$

где значения коэффициентов при обработке легированной стали 19ХГНМ для условий черновой обработки инструментом с твердосплавной пластиной CNMG 12 04 08-PR 4325 выберем по рекомендациям изложенным в справочнике []:  $C_v = 420$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $T = 60$  мин период стойкости инструмента.  $K_v$  – поправочный коэффициент, рассчитываемый по формуле:

$$K_v = K_M \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\Gamma} , \quad (2.19)$$

где  $K_M = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_g}$  - коэффициент, учитывающий качество

обрабатываемого материала ( $k_{\Gamma}$  - коэффициент группы стали по обрабатываемости,  $k_{\Gamma} = 1$ ;  $\sigma_B$  – предел выносливости стали, МПа для стали

19ХГНМ ( $\sigma_B = 750$  МПа),  $K_M = 1 \cdot \left( \frac{750}{750} \right)^{n_g} = 1$ ;  $K_{\Pi}$  – коэффициент,

учитывающий состояние обрабатываемой поверхности, для черновой обработки без корки  $K_{\Pi} = 1$ . Таким образом поправочный коэффициент по скорости обработки  $K_v = 1$ .

Подставляя найденные значения в формулу (2.18) определим скорость резания:

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,168^{0,1} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 1 = 233 \text{ м/мин}$$

Аналогичным образом рассчитаем скорость резания для обработки поверхности  $\varnothing 36_{-0,3}$  мм. Рассчитанный номинальный припуск на обработку  $2Z_{\text{черн}} = 2,736$  мм., т.е. глубина резания в случае однопроходной обработки составит 1,368 мм.

Подставляя глубину резания и ранее найденные значения коэффициентов в формулу (2.18) получим:

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,368^{0,1} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 1 = 229 \text{ м/мин}$$

Число оборотов шпинделя определим по максимальному обрабатываемому диаметру  $\varnothing 36$  мм.

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 233}{3,14 \cdot 36} = 2061,217 \text{ об/мин.}$$

Округляем для значения 2060 об/мин.

Произведем расчет времени, затрачиваемое на обработку.

Обработка поверхности № 10, длина обработки  $l = 56$  мм

Минутная подача:  $s_M = s_{об} n = 0,3 \cdot 2060 = 618$  мм/мин

Время на обработку (рабочий цикл) рассчитаем по формуле:

$$t_p = \frac{L+0,5}{s_M} = \frac{56,5}{618} = 0,09 \text{ мин}$$

Обработка поверхности № 14, длина обработки  $l = 12$  мм

Минутная подача:  $s_M = s_{об} n = 0,3 \cdot 2060 = 618$  мм/мин

Время на обработку (рабочий цикл) рассчитаем по формуле:

$$t_p = \frac{L+0,5}{s_M} = \frac{12,5}{618} = 0,02 \text{ мин}$$

Произведем расчет составляющих сил резания при обработке детали на операции 010 Токарная черновая с ЧПУ.

Составляющие силы резани при токарной обработке рассчитывают по формуле []:

$$P_i = C_P t^{x_P} s^{y_P} v^{n_P} K_P, \quad (2.20)$$

где  $t, s, v$  – глубина резания, подача (мм/об) и скорость резания соответственно;  $C_P, K_P, x_P, y_P, n_P$  – поправочные коэффициенты и

показатели степени, учитывающие условия обработки и определяемые по справочным данным, полученным эмпирическим путем. Поправочный коэффициент  $K_P$  рассчитывается по формуле:

$$K_P = K_{M_P} K_{\varphi_P} K_{\gamma_P} K_{\lambda_P} K_{r_P}, \quad (2.21)$$

где коэффициенты, входящие в формулу (2.21) учитывают характеристики режущего инструмента. Выбор коэффициентов в формулах (2.20), (2.21) произведем по рекомендациям [ ] и сведем в таблицу 2.4.

Значения коэффициентов для расчета сил резания

Таблица 2.4

Коэффициент	Для расчета составляющей $P_x$	Для расчета составляющей $P_y$	Для расчета составляющей $P_z$
$C_P$	339	243	300
$x_P$	1	0,9	1
$y_P$	0,5	0,6	0,75
$n_P$	0,4	0,3	0,15
$K_{M_P}$	0,9	0,9	0,9
$K_{\varphi_P}$	1	1	1
$K_{\gamma_P}$	0,8	0,7	1
$K_{\lambda_P}$	1	1	1
$K_{r_P}$	1	1	1
$K_P$	0,72	0,63	0,9

Пользуясь справочными данными в таблице 2.4 по формуле 2.20 рассчитаем значения составляющих сил резания.

При обработке поверхности № 10:

$$P_x = C_P t^{x_P} S^{y_P} v^{n_P} K_P = 339 \cdot 1,168^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 233^{0,4} \cdot 0,72 = 1379,93 \text{ Н}$$

$$P_y = 243 \cdot 1,168^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 233^{0,3} \cdot 0,63 = 438,12 \text{ Н}$$

$$P_z = 300 \cdot 1,168^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 233^{0,15} \cdot 0,9 = 714,34 \text{ Н}$$

Рассчитаем режимы резания на операцию 020 Токарная черновая. На данной операции осуществляется растачивание отверстия в операционный размер  $\varnothing 58,46^{+0,3}$ . Схема обработки представлена на рис. 2.4

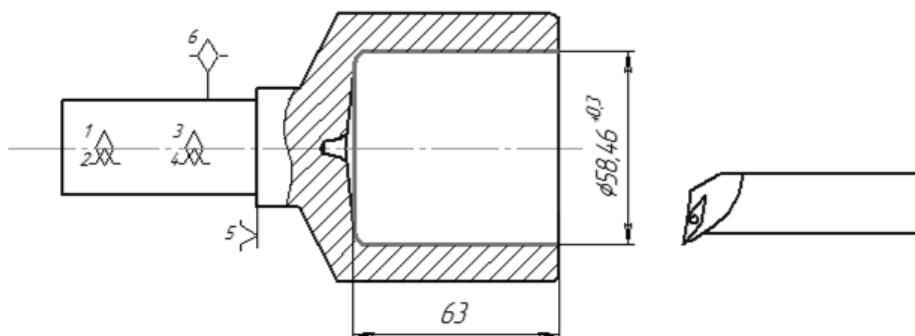


Рис. 2.4 Технологическая схема обработки детали на 020 операции токарной черновой

Номинальный припуск на обработку  $2Z_{\text{черн}} = 1,784$  мм.;

глубина резания  $t = 0,892$  мм.

Подача на оборот при черновой обработки  $s=0,2$  мм/об.

Скорость резания определим по формуле (2.18), значения коэффициентов для условия растачивания отверстия:  $C_v = 420$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $T = 60$  мин период стойкости инструмента.

Рассчитаем скорость резания:

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,892^{0,1} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 = 258,78 \text{ м/мин}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 258,78}{3,14 \cdot 58,46} = 1409,78 \text{ об/мин.}$$

Округляем для значения 1450 об/мин.

Произведем расчет времени, затрачиваемое на обработку.

Обработка поверхности № 35, длина обработки  $l = 63$  мм

Минутная подача:  $s_M = s_{\text{об}} n = 0,2 \cdot 1450 = 290$  мм/мин

Время на обработку (рабочий цикл) рассчитаем по формуле:

$$t_p = \frac{L+0,5}{s_M} = \frac{63,5}{290} = 0,218 \text{ мин}$$

Проектирование и расчет режимов резания на операцию 070 Внутршлифовальную. Эскиз технологической операции приведен на рис. 2.5

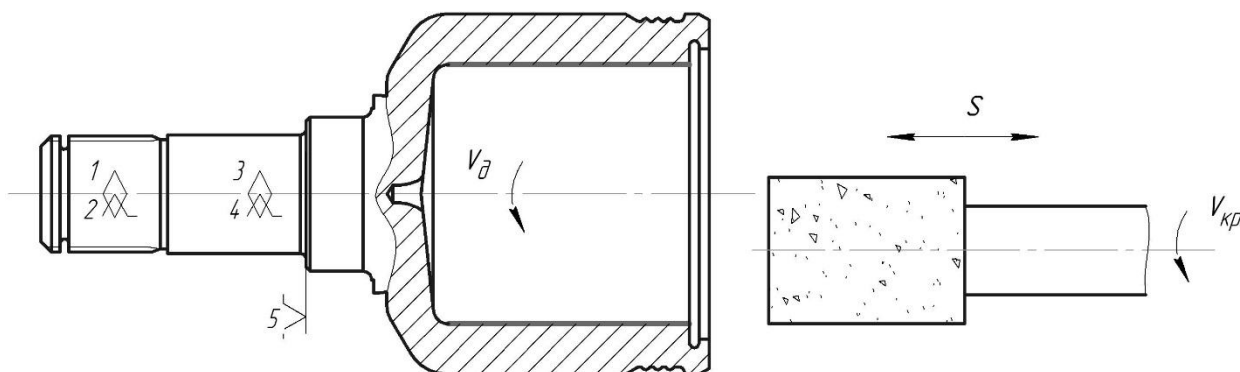


Рис. 2.5 Технологическая схема обработки детали на 070 операции внутршлифовальная

На данной операции осуществляется шлифование внутренней цилиндрической поверхности  $\varnothing 59^{+0,15}$ , длина обработки 46 мм.

По справочным данным [ ] для внутреннего шлифования выбираем шлифовальную головку AW. Для отверстия  $d=59$  мм назначаем диаметр шлифовальной головки в диапазоне  $0,85...0,8d$ , выбираем диаметр шлифовальной головки  $D = 0,8d = 0,8 \cdot 59 = 47,2$  (принимаем диаметр головки  $D=47$  мм)

Для обрабатываемой марки сталь 20ХГНМ выбираем марку абразивного материала – электрокорунд, зернистостью 40, степень твердость – С2. Номер структуры абразивного инструмента для внутреннего шлифования выбираем в диапазоне  $7...9$ , принимаем номер структуры – 8, связку выбираем керамическую (V), как наиболее широко используемую практически для всех видов шлифования.

1. Выбор частоты вращения заготовки

$n_3 = 250$  об/мин (для закаленной конструкционной стали и диаметра шлифуемого отверстия 59 мм);

2. Выбор базовых значений величин подачи (продольная и поперечная)

Для диаметра шлифуемой детали  $\varnothing 59$  мм, частоты вращения детали 250 об/мин и высоты круга  $T=40$  мм назначаем величину продольной подачи  $V_{Snp} = 5$  м/мин, величину поперечной подачи  $S_n = 0,004$  мм/дв. ход

### 3. Расчет величины рабочей подачи

Величину рабочей поперечной и скорость продольной подачи рассчитаем по формулам:

$$S_n = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 S_{n(табл)} \quad (2.22)$$

$$V_{Snp} = K_6 K_7 V_{Snp(табл)} \quad (2.23)$$

где  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$  – коэффициенты, уточняющие величины подачи для конкретных условий обработки. Значения уточняющих коэффициентов выбираем по справочным данным:

$$K_1 = 1,25 ;$$

$$K_2 = 0,72 ;$$

$$K_3 = 1,0 ;$$

$$K_4 = 1,0 ;$$

$$K_5 = 0,7 ;$$

$$K_6 = 1,0 ;$$

$$K_7 = 1,0 .$$

Подставляя выбранные коэффициенты в формулы (2.22), (2.23) получаем значения величин подач:

$$S_n = 1,25 \cdot 0,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,004 = 0,00252 \text{ мм / дв.ход}$$

$$V_{Snp} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 5 = 5 \text{ м / мин}$$

Рассчитаем основное время обработки шлифованием по формуле:

$$T_0 = 0,5 \frac{2\Pi l}{V_{Snn} S_n} = 0,5 \frac{0,2 \cdot 46}{5000 \cdot 0,00252} = 0,364 \text{ мин}$$

Выбор режимов резания на операцию 090 Шлицешлифовальную.

На операции шлицешлифования в качестве режущего инструмента по справочнику выбираем шлифовальный круг из эльбора: тип круга – тарельчатый 11А2 из эльбора (марка ЛКВ50М) на керамической связке (100К) средней твердостью (СТ2) и зернистостью 125/100В. По табличным данным укрупненно назначаем следующие режимы резания:

1. Окружная скорость круга,  $v_k$ , м/с: 25 м/с;
2. Скорость продольной подачи,  $v_{спр}$ , мм/мин: 250 мм/мин / 100 мм/мин соответственно для чернового и чистового проходов;
3. Глубина шлифования по делительной окружности,  $t$ , мм: 0,04 мм / 0,01 мм соответственно для чернового и чистового проходов;
4. Число ходов в цикле шлифования:
  - для чернового шлифования – 3...4 раза;
  - для чистового шлифования – 1 раз.

В качестве СОЖ используем минеральное масло.

### 3. Проектирование приспособления

В данном разделе спроектируем приспособление для токарной черновой операции. В качестве приспособления предлагается использовать шинно-пневматическую оправку. Схема базирования детали на операции чернового точения представлен на рис. 3.1

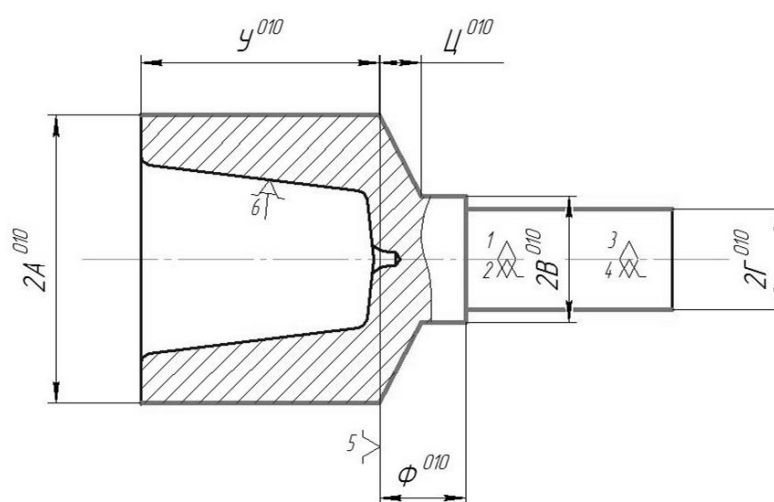


Рис. 3.1 Схема базирования детали на черновой токарной операции

Деталь базируется по центровым отверстиям и зажимается с помощью шинной оправки, разжимаемой с помощью пневматического привода. Расчетная схема приспособления представлена на рис. 3.2

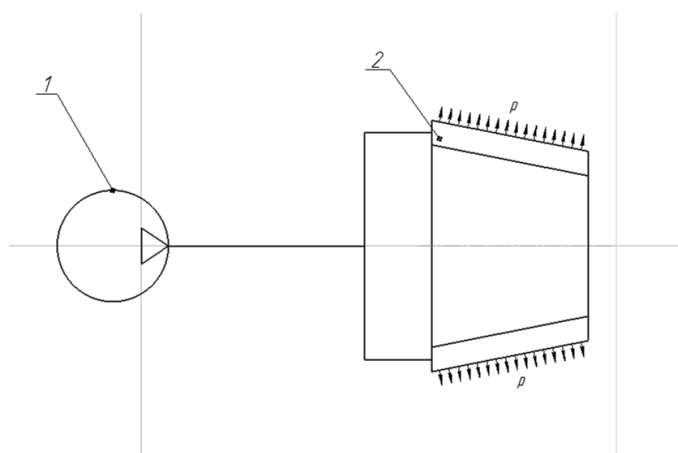


Рис. 3.2 Расчетная схема приспособления



Сжатый воздух сгенерированный компрессором 1 подается в шинную полость 2 эластичного материала под определенным давлением  $p$ . Шинная полость расправляется и за счет давления осуществляет зажим детали. Необходимо рассчитать требуемое усилие зажима, исходя из этого определить требуемое давление в системе и подобрать параметры компрессора (определить требуемый расход воздуха).

Рассчитаем необходимое усилие зажима. Для этого рассмотрим систему сил, действующих на обрабатываемую деталь в процессе резания (рис. 3.3)

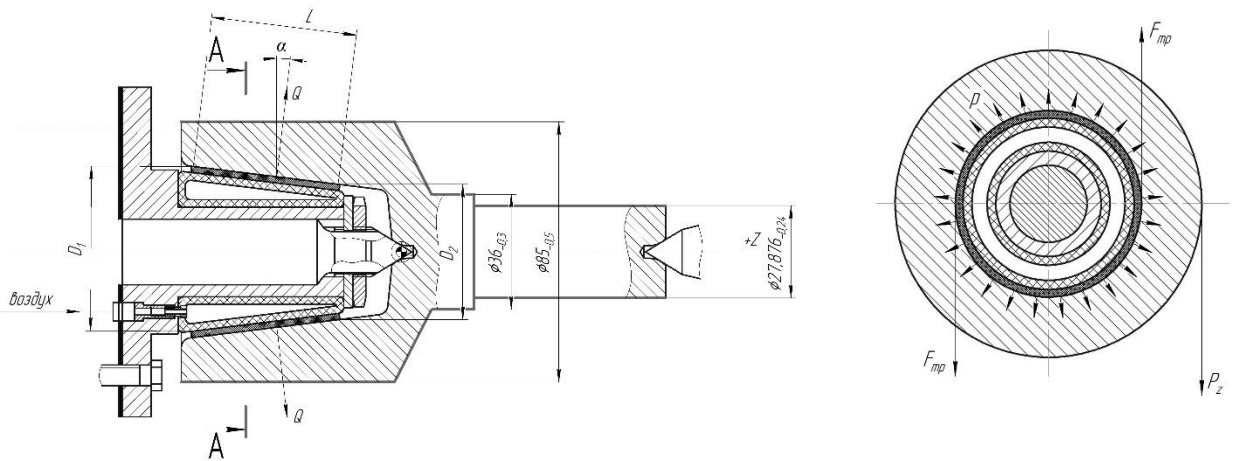


Рис. 3.3 Расчетная схема к определению требуемого усилия зажима

Составим уравнение суммы моментов сил, действующих на заготовку со стороны силы резания  $P_z$  и силы зажима  $Q$ . При этом учтем, что сила зажима  $Q$  является результатом действия давления воздуха  $p$  в полости шинной камеры, равномерно распределенного по всей площади контакта с внутренней конической поверхностью детали, т.е.  $Q = pS$ , где  $S$  – площадь поверхности усеченного конуса. С учетом этого, уравнение для моментов имеет вид:

$$P_z \frac{D_d}{2} = f_{\text{тр}} p S \frac{D_1 + D_2}{4} \quad (3.1)$$

где  $D_1, D_2$  – конструктивные диаметры приспособления, мм;  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения в контакте шинной оправки и внутренней поверхности детали

Площадь поверхности контакта рассчитаем по формуле для расчета площади боковой поверхности усеченного конуса:

$$S = \pi \left( \frac{D_1 + D_2}{2} \right) l \quad (3.2)$$

Из формулы (3.1) с учетом (3.2) получим выражение для расчета необходимого давления воздуха в полости шинной камеры:

$$p \geq \frac{P_z}{\pi f_{\text{тр}} l} \cdot \frac{4D_d}{D_1 + D_2} \quad (3.3)$$

Подставляя в формулу (3.3) конструктивные параметры  $l = 46$  мм;  $D_d = 86$  мм;  $D_1 = 52$  мм;  $D_2 = 43$  мм, учитывая значение коэффициента трения резина по стали  $f_{\text{тр}} = 0,7$  и рассчитанную в разделе 2 составляющую силы резания  $P_z = 714,34$  Н, получим значение необходимого давления воздуха в шинной оправке:

$$p \geq \frac{714,34}{3,14 \cdot 0,7 \cdot 45} \cdot \frac{4 \cdot 86}{52 + 43} = 0,254 \text{ Н/мм}^2 \text{ (264 МПа)}$$

## 4. Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

#### 4.1.1 Наименование технического объекта выпускной квалификационной работы

Техническим объектом выпускной квалификационной работы является прогрессивный технологический процесс изготовления детали – корпуса внутреннего шарнира автомобиля Lada Granta. Технологический паспорт объекта представлен в таблице 4.1

Технологический паспорт объекта

Таблица 4.1

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Технологический процесс изготовления детали – корпуса внутреннего шарнира автомобиля Lada Granta.	операция 00: получение заготовки поковки	штамповщик	Горизонтально-ковочная машин ГКМ, 40 т., специальные приспособления	Смазочные материалы, гидравлические масла
операция 005: фрезерно-центровальная. На данной операции получаем две технологические базы – центровые отверстия. На этой же операции осуществляется обработка торца правой стороны детали (наименьший наружный диаметр);		Оператор станков-полуавтоматов	Фрезерно-центровальный станок МР71, приспособления станочные	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%	
операция 010: токарная		Оператор станков с	Токарный станок с ЧПУ	Смазочные	

		черновая с ЧПУ. На данной операции осуществляется черновая токарная обработка контура детали с правой стороны	ЧПУ	Мод. 16Б16П, 3-х кулачковый патрон, центр задний	материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%
		операция 020: токарная черновая с ЧПУ. На операции подрезается торец левой стороны детали и растачивается отверстие. Также обрабатывается внутренняя канавка.	Оператор станков с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ Мод. 16Б16П, 3-х кулачковый патрон, центр задний	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%
		операция 030: токарная чистовая с ЧПУ правого конца детали. На операции окончательно формируется заданный профиль детали. Обрабатываются фаски, канавки, радиусные скругления.	Оператор станков с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ Мод. 16Б16П, 3-х кулачковый патрон, центр задний	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%

		операция 040: шлице-фрезерная. На операции проводится лезвийная обработка 24 эвольвентных шлицев.	Фрезеровщик	Шлицефрезерный станок, Трехкучковый самоцентрирующий патрон, центра	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%
		операция 050: химико-термическая обработка, азотирование и нитроцементация, согласно чертежу детали	термист	Печи для химико-термической обработки	Смазочные материалы,
		операция 060: предварительное круглое наружное шлифование ответственных поверхностей с правой стороны детали (цилиндрические поверхности под подшипник и сальник);	шлифовщик	Круглошлифовальный станок, Специальная разжимная оправка, центра	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%
		операция 070: внутреннее шлифование отверстия левого конца детали. На этой же операции осуществляется глубинное шлифование	шлифовщик	Зубошлифовальный станок, Специальная разжимная оправка, центра	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%

		сферических дорожек качения.			
		операция 080: окончательное шлифование поверхностей с правой стороны детали.	шлифовщик	Внутришлифовальный станок, Мембранный патрон, центра	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%
		операция 090: полирование поверхности под сальниковое уплотнение	полировщик	Полировальный станок	Смазочные материалы, гидравлические масла, эмульсия ВЕЛС 5%

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	операция 00: получение заготовки поковки	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; статические физические перегрузки монотонность труда; эмоциональные перегрузки	Горизонтально-ковочная машин ГКМ, 40 т., специальные приспособления
2	операция 005: фрезерно-центровальная. На данной операции получаем две технологические базы – центровые отверстия. На этой же операции осуществляется обработка торца правой стороны детали (наименьший наружный диаметр);		Фрезерно-центровальный станок МР71, приспособления станочные
3	операция 010: токарная черновая с ЧПУ. На данной операции осуществляется черновая токарная обработка контура детали с правой стороны		Токарный станок с ЧПУ Мод. 16Б16П, 3-х кулачковый патрон, центр задний
4	операция 020: токарная черновая с ЧПУ. На операции		Токарный станок с ЧПУ Мод. 16Б16П, 3-х



	<p>подрезается торец левой стороны детали и растачивается отверстие. Также обрабатывается внутренняя канавка.</p>		<p>кулачковый патрон, центр задний</p>
5	<p>операция 030: токарная чистовая с ЧПУ правого конца детали. На операции окончательно формируется заданный профиль детали. Обрабатываются фаски, канавки, радиусные скругления.</p>		<p>Токарный станок с ЧПУ Мод. 16Б16П, 3-х кулачковый патрон, центр задний</p>
6	<p>операция 040: шлицефрезерная. На операции проводится лезвийная обработка 24 эвольвентных шлицев.</p>		<p>Шлицефрезерный станок, Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, центра</p>
7	<p>операция 050: химико-термическая обработка, азотирование и нитроцементация, согласно чертежу детали</p>		<p>Печи для химико-термической обработки</p>
8	<p>операция 060: предварительное круглое наружное шлифование ответственных поверхностей с правой стороны детали (цилиндрические поверхности под подшипник и сальник);</p>		<p>Круглошлифовальный станок, Специальная разжимная оправка, центра</p>

9	операция 070: внутреннее шлифование отверстия левого конца детали. На этой же операции осуществляется глубинное шлифование сферических дорожек качения.		Зубошлифовальный станок, Специальная разжимная оправка, центра
10	операция 080: окончательное шлифование поверхностей с правой стороны детали.		Внутришлифовальный станок, Мембранный патрон, центра
11	операция 090: полирование поверхности под сальниковое уплотнение		Полировальный станок

#### 4.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

##### Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Таблица 4.3

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор <sup>1</sup>	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника <sup>3</sup>
1	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	При работе КПО в режиме непрерывных ходов ручная загрузка заготовок и снятие готовых деталей должны выполняться вне зоны штамповки с	Для защиты кожного покрова от воздействия СОЖ и пыли токсичных металлов должны применяться

	<p>передвигающиеся изделия, заготовки, материалы</p>	<p>применением специальных приспособлений (револьверные подачи, выдвижные матрицы и др.), обеспечивающих безопасность труда;  Для предотвращения травмирования рук при вырубных операциях должны быть зазоры безопасности между подвижными частями штампов: не более 8 мм между верхним подвижным съёмником и матрицей, между нижним подвижным съёмником и пуансоном при нахождении ползуна в верхнем положении; не менее 20 мм между нижним съёмником или прижимом и пуансонодержателем, между втулками (в штампах с направляющими колоннами) и съёмником при нахождении ползуна в нижнем положении;  Для исключения соприкосновения рук станочников с движущимися приспособлениями и инструментом при установке заготовок и снятии деталей должны быть автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления, бункеры и др.);  Для защиты работающих на станке и людей, находящихся вблизи станка, от отлетающей стружки и СОЖ, необходимо оснащать станки защитными устройствами, ограждающими зону</p>	<p>дерматологические защитные средства (профилактические пасты, мази, биологические перчатки) по ГОСТ 12.4.068.  халаты;  костюмы;  полуботинки;  перчатки;  очки защитные,</p>
--	--	--	---

		обработки или ее часть, в которой осуществляется процесс резания.	
2	повышенный уровень шума на рабочем месте	При применении сжатого воздуха для удаления отштампованных деталей, отходов и окалины должны быть приняты меры для локализации выделяемой пыли и снижения шума до норм по ГОСТ 12.1.003-83.	противошумные вкладыши
3	повышенный уровень вибрации		
4	статические физические перегрузки монотонность труда		
5	эмоциональные перегрузки		

#### 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

В данном разделе проведем идентификацию потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта – технологического процесса изготовления корпуса внутреннего шарнира

#### 4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

#### Идентификация классов и опасных факторов пожара

Таблица 4.4

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Заготовительный участок	Горизонтально-ковочная машина	А	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды;	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
2.	Участок механической обработки	Металлообрабатывающее оборудование	А	повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода	опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара; термохимическое воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

#### 4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Таблица 4.5

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Щиты противопожарные; Порошковые огнетушители типа ОП; Углекислотные огнетушители (УО-2)	-	Аэрозольные системы пожаротушения	извещатели пожарные;	-	средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (самоспасатели); средства защиты кожных покровов тела человека (специальные огнестойкие накладки).	пожарный топор, пожарный багор, пожарный лом, пожарный крюк	Электрическая пожарная сигнализация, звещатели типа ПТИМ (тепловой извещатель максимального действия); Тепловые извещатели (термоизвещатели) тип ДТЛ

4.5. Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 4.6

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления корпуса внутреннего шарнира Lada Granta	<p>паспортизация веществ, материалов, изделий, технологических процессов и объектов в части обеспечения пожарной безопасности;</p> <p>организация обучения рабочих, служащих, правилам пожарной безопасности;</p> <p>разработка мероприятий и инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;</p> <p>разработка мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих на случай</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>

	возникновения пожара и организации эвакуации людей; изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.	
--	--	--

4.6. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта



#### 4.6.1 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 4.7

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса, технологические операции, оборудование	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления корпуса внутреннего шарнира Lada Granta	операция 00: заготовительная	Газы, аэрозоли, твердые частицы	Жидкие растворимые и нерастворимые соединения, сток технических масел, СОЖ, железо, медь, цинк, азот нитритный, нитратный и аммонийный, взвешенные вещества и нефтепродукты	Твердые и жидкие отходы производства
	операция 005: фрезерно-центровальная.	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка		
	операция 010: токарная черновая с ЧПУ.	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка		
	операция 020: токарная черновая с ЧПУ.	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка		
	операция 030: токарная чистовая с ЧПУ правого конца детали.	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка		

операция 040: шлице-фрезерная.	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка	Жидкие растворимые и нерастворимые соединения, сток технических масел, СОЖ, железо, медь, цинк, азот нитритный, нитратный и аммонийный, взвешенные вещества и нефтепродукты
операция 050: химико-термическая обработка,	Выброс химических элементов	
операция 060: предварительное круглое наружное шлифование	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, шлифовальный шлам	
операция 070: внутреннее шлифование	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, шлифовальный шлам	
операция 080: окончательное шлифование	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, шлифовальный шлам	
операция 090: полирование	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, шлифовальный шлам	

4.6.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта

Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Таблица 4.8

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления детали – корпус внутреннего шарнира Lada Granta
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	<p>1) применение герметичных и закрывающихся емкостей для хранения производственных отходов;</p> <p>2) использование полностью исправной техники, прошедшей контроль токсичности отработанных газов;</p> <p>3) регулярный профилактический осмотр и регулировка гидравлической и пневматической аппаратуры станочного парка и других технологических установок</p> <p>4) соблюдение регламента работы технологического оборудования и возможное сокращение времени погрузки/разгрузки оборудования;</p> <p>5) контроль за состоянием воздушной среды с помощью газоанализаторов</p>
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	<p>1) Обустройство систем, емкостей, контейнеров для сбора всех видов загрязненных стоков, с их последующей очисткой;</p> <p>2) установка специальных поддонов в местах возможных утечек и проливов горюче-смазочных материалов, СОЖ и других жидкостей</p> <p>3) наличие очистных сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для снижения концентраций загрязняющих веществ</p>
Мероприятия по снижению	1) соблюдение регламента работы технологического оборудования и возможное сокращение времени

негативного антропогенного воздействия на литосферу	погрузки/разгрузки оборудования; 2) регулярный профилактический осмотр и регулировка гидравлической и пневматической аппаратуры станочного парка и других технологических установок
---	--

#### 4.7 Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления детали – корпуса внутреннего шарнира Lada Granta, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 5. Экономическая эффективность работы

5.1. Калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса

Техническая эффективность достигается за счет сокращения технологических операций механической обработки, применением прогрессивного режущего инструмента, приспособлений и оборудования. Расчет себестоимости обработки представлен в таблице 5.1

Калькуляция себестоимости обработки детали

Таблица 5.1

№	Статьи затрат	Затраты, руб.		Изменения +/-
		Базовый	Проект	
1	Материалы за вычетом отходов: $M$	-	-	
2	Основная заработная плата рабочих операторов: $Z_{ПЛ.ОСН} = Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.НАЛ}$	10,82	5,6	-5,32
3	Начисления на заработную плату: $H_{З.ПЛ}$	2,35	1,36	-0,99
4	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: $P_{Э.ОБ}$	19,59	6,42	-13,17
	Итого технологическая себестоимость: $C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ.ОСН} + H_{З.ПЛ} + P_{Э.ОБ}$	29,76	12,38	-17,38
5	Общеховые накладные расходы: $P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЦЕХ}$	17,67	10,39	-7,28
	Итого цеховая себестоимость: $C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$	47,43	22,77	-24,66
6	Заводские накладные расходы: $P_{ЗАВ} = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЗАВ}$	21,89	12,87	-9,01
	Итого заводская себестоимость $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$	69,32	35,64	-33,68
7	Внепроизводственные расходы $P_{ВН} = C_{ЗАВ} \cdot K_{ВНП}$	3,46	1,78	-1,68
	Всего полная себестоимость $C_{ПОЛ} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$	72,78	37,42	-35,36

Расчет приведенных затрат и выбор оптимального варианта

Таблица 5.2

№	Наименование показателей, единица измерения	Расчетные формулы и расчет	Значение показателей	
			Баз.	Пр.
1	Приведенные затраты на единицу детали, руб.	$Z_{\text{пр.ед}} = C_{\text{пол}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пр.ед.б}} = 72,78 + 0,33 \cdot 24,43 = 80,84$ $Z_{\text{пр.ед.пр}} = 37,42 + 0,33 \cdot 39,42 = 50,43$ <p><math>E_{\text{н}}</math> – единый нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (Приложение 10)</p>	80,84	50,43
2	Годовые приведенные затраты, руб.	$Z_{\text{пр.год}} = Z_{\text{пр.ед}} \cdot P_{\Gamma}$ $Z_{\text{пр.год.б}} = 80,84 \cdot 60000 = 4850400,00$ $Z_{\text{пр.год.пр}} = 50,43 \cdot 60000 = 3025800,00$	4850400,00	3025800,00

## 5.2. Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологии

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости обработки детали.

$$P_{\text{ож}} = \Delta_{\text{уг}} = (C_{\text{пол.баз}} - C_{\text{пол.пр}}) \cdot P_{\Gamma} = (72,78 - 37,42) \cdot 100000 = 2121600,00 \text{руб}$$

$C_{\text{пол.баз}}$ ,  $C_{\text{пол.пр}}$  – полная себестоимость изготовления единицы детали, соответственно по базовому и проектному вариантам.

Налог на прибыль

$$H_{\text{приб}} = P_{\text{ож}} \cdot K_{\text{нал}} = 2121600,00 \cdot 0,2 = 424320,00 \text{руб}$$

$K_{\text{нал}}$  – коэффициент налогообложения прибыли (Приложение 11)

Чистая ожидаемая прибыль

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{ож}} - H_{\text{приб}} = 2121600,00 - 424320,00 = 1697280,00 \text{руб}$$

Расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта:

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{K_{\text{ВВ.ЛР}}}{P_{\text{Р.ЧИСТ}}} + 1 = \frac{K_{\text{ОБЩ}}}{P_{\text{Р.ЧИСТ}}} + 1 = \frac{2364904,47}{1697280,00} + 1 = 2,39 = 3 \text{ года}$$

$K_{\text{ВВ.ЛР}} = K_{\text{ОБЩ}}$  – капитальные вложения (инвестиции), необходимые для приобретения вновь вводимого оборудования, дорогостоящей оснастки, инструмента, а также затраты на эксплуатацию дополнительной площади.

$K_{\text{ОБЩ}}$  – общие капитальные вложения, необходимые для приобретения оборудования, оснастки и инструмента .

Расчетный срок окупаемости инвестиций (капитальных вложений) принимается за горизонт расчета (максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций),  $T=3$  года.

Если расчетный срок окупаемости получился более 4-х лет, то в дальнейшем, горизонт расчета принимается равным 4 года.

Общая текущая стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в течение принятого горизонта расчета определяется по формуле:

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = \sum_1^T P_{\text{Р.ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} = 1697280,00 \cdot (0,909 + 0,826 + 0,751) , \\ = 4219438,00$$

$T$  – горизонт расчета, лет (месяцев);

$E$  – процентная ставка на капитал (например, при 10%  $E = 0,1$  ;

$t$  – 1-ый, 2-ой, 3-й год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход) составит в этом случае:

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ЛР}} = 4219438,00 - 2364904,47 = 1854533,61$$

Так как общая стоимость доходов (ЧДД) больше текущей стоимости затрат ( $K_{\text{ВВ.ЛР}}$ ), т.е.  $\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} \text{ (ЧДД)} > 0$  – проект эффективен, поэтому определяем индекс доходности по формуле:

$$ИД = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} = \frac{4219438,00}{2364904,47} = 1,78, \text{ руб./руб.}$$

Технико-экономические расчёты показали, что проект эффективен, экономическая эффективность проекта составляет 1854533,61 рубля.



## Заключение

В выпускной квалификационной работе разработан прогрессивный технологический процесс изготовления детали – корпус внутреннего шарнира Lada Granta. В рамках работы решены следующие задачи: проанализированы технические требования, предъявляемых к детали, выполнен анализ базового техпроцесса и выявлены его недостатки, спроектирован новый маршрут обработки, выбраны средства технического оснащения и технологическое оборудование, произведен расчет припусков на обработку и выполнено проектирование технологических операций. Предложенные и разработанные в работе конструкции приспособления, выполненная оптимизация технологических операций позволяет обеспечить достижение поставленной цели – изготовления детали с наименьшей себестоимостью

## Список используемой литературы

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.. — М.: Машиностроение, 2001г.
2. Косилова А.Д., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки заготовок и припуски в машиностроении. Справочник технолога. — М.: Машиностроение, 1985г.
3. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов Машиностроение, 1972г.
4. Данилевский В.В. Технология машиностроения М.: Высшая школа, 1984г.
5. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов и др. — Л.: Машиностроение, 1983г.
6. Корсаков В. С. Станочные приспособления. — М.: Машиностроение, 1978г.
7. Курсовое проектирование по технологии машиностроения./Под общ. ред. А. Ф. Горбачевича. — Минск: Высшая школа, 1975г.
8. Ансеров М. А. и др. Приспособления для металлорежущих станков. М: Машиностроение, 1966г.
9. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» / Л.Н. Горина, М.И. Фесина, - учебн. метод пособие, изд-во ТГУ – 2016 г.

## Приложения



Дубл.																
Взам.																
Подп.																
												2	5			
												Техпроцесс обработки корпуса внутреннего шарнира				
<i>А</i>	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
<i>Б</i>	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.к
A12	XXXXXX	040		4230	Фрезерная	2	312	1Р	1	1	1	100	1	0,6	0,83	
B13	381133 5A352ПФ2, калибр															
T14	396110 центра, специальное зажимное приспособление, Фреза червячная тип I 2520-0701 d27 ГОСТ 8027-86															
A15	XXXXXX	060		4131	Круглошлифовальная	2	312	1Р	1	1	1	100	1	0,85	0,97	
B18	00300 3M150, Микrometer 25-50, скоба															
T19	396110 Центр жесткий ГОСТ 13214-79, разжимная оправка специальная, шлиф. круг 1 400×40×127 25AF80L7 ГОСТ Р 52781-2007															
A20	XXXXXX	070		4131	Внутришлифовальная	2	312	1Р	1	1	1	100	1	0,5	0,73	
B21	00300 3A227АФ2, Микrometer 25-50, скоба															
T22	396110 трехкулачковый патрон, шлиф. круг 1 40×40×20 25AF80L7 ГОСТ Р 52781-2007															
A23	XXXXXX	080		4131	Круглошлифовальная	2	312	1Р	1	1	1	100	1	0,6	0,87	
B24	00300 3M150, Микrometer 25-50, скоба															
T25	396110 Центр жесткий ГОСТ 13214-79, разжимная оправка специальная, шлиф. круг 1 400×40×127 25AF80L7 ГОСТ Р 52781-2007															
A26																
B27																
T28																

	Горизонт			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
	Формат	Зона	Г/вс.					
Справ. №					<u>Документация</u>			
	А1				Бронный чертёж			
					<u>Детали</u>			
			1		Корпус оковки	1		
			2		Гильза	1		
			3		Гайка	1		
			4		Шпатель	1		
			5		Диск крепежный	1		
			6		Сухарь	1		
			8		Держка переходная	1		
			12		Пластина	1		
			14		Кольцо пружинное	1		
Габариты и детали			5		Сопло	1		
			6		Опора	1		
			20		Цилиндр направляющий	1		
					<u>Стандарты изделия</u>			
Име. Недост.			7		Вит MD×10	8		
			9		Прокладка уплотнительная	1		
			10		Уплотнитель 12			
Име. Матери.					ГОСТ 50333-92	1		
Име. Матери.								
		Изм/Лист	Недокум.	Годн.	Дата			
		Разраб.	Росланкин			Гидросистема станка оковки пневматическая	Лист	Листов
		Пров.	Резнинов					
		В. инж.						
	Н. конт.							
	Утв.	Евровский						
					<b>ТМБ-101</b>			

Формат	Зона	Гос.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		7		Внн MD× 10	8	
		9		Прокладка уплотнительная	1	
		10		Цфпр 12		
				ГОСТ 50333-92	1	
		11		ЦЕба 40		
				ГОСТ 22355-77	1	
		17		Прокладка уплотнительная	1	
		18		ЦЕба 20		
				ГОСТ 22355-77	1	
		19		Гайка шлицевая М2		
				ГОСТ 1871-88	1	
		21		Ботн MD× 46		
				ГОСТ 1880-70	8	
		22		Гайка MD	8	
				ГОСТ 5915-70		
		23		ЦЕба 12	8	
				ГОСТ 9649-78		
		24		Гайка MD	8	
				ГОСТ 5915-70		
		25		ЦЕба 12	8	
				ГОСТ 9649-78		
		26		Гайка шлицевая М5		
				ГОСТ 1871-88	1	
		27		ЦЕба стопорная		
				ГОСТ 1880-70		
		28		Внн MD× 52		
				ГОСТ 11733-66	1	
Изм. №						Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	