



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Бобровский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»**

**профиль «Технология машиностроения»**

Студент Алмакаев Рафаэль Владимирович гр. ТМбз-1131

1. Тема Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода загрузочного механизма
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе 1. Чертеж детали; 2. Годовая программа выпуска - 15000 дет/год; 3. Режим работы – двухсменный.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть работы*

*3) Проектирование станочного и контрольного приспособлений*

*4) Безопасность и экологичность технического объекта*

*5) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

5. Ориентировочный перечень графического материала (6-7 листов формата А1)

1) Деталь (с изменениями)	0,5 – 1
2) Заготовка	0,25 – 1
3) План обработки	1 – 2
4) Технологические наладки	1 – 2
5) Приспособление станочное	1 – 1,5
6) Приспособление контрольное	0,5 – 1
7) Презентация	0,5 – 1

6. Консультанты по разделам

---

---

---

7. Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» марта 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	<hr/> (подпись)	<i>А.В. Бобровский</i> <hr/> (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	<hr/> (подпись)	<i>Р.В. Алмакаев</i> <hr/> (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Технологический процесс изготовления вал-шестерни привода загрузочного механизма. Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления вал-шестерни привода загрузочного механизма.

В работе рассмотрены вопросы:

- анализа исходных данных;
- экономического обоснования выбора метода получения заготовки;
- проектирования заготовки с учетом определенных припусков;
- разработки технологического маршрута изготовления детали;
- проектирования технологических операций;
- проектирования технологической оснастки – станочного приспособления и захватного устройства промышленного робота;
- безопасности и технологичности объекта;
- экономической эффективности работы.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 61 страницы, содержащей 22 таблицы, 5 рисунков, и графической части, содержащей 7,5 листов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель работы .....	7
1 Описание исходных данных .....	8
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	8
1.2 Анализ базового варианта техпроцесса.....	12
1.3 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	13
2 Технологическая часть работы.....	14
2.1 Выбор типа производства .....	14
2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки.....	14
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	19
2.4 Определение припуска и проектирование заготовки .....	19
2.5 Разработка схем базирования .....	22
2.6 Технологический маршрут обработки детали .....	23
2.7 Разработка плана обработки .....	27
2.8 Выбор средств технологического оснащения .....	24
2.9 Проектирование технологических операций.....	28
2.10 Определение норм времени на все операции .....	33
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений.....	36
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	36
3.2 Проектирование контрольного приспособления .....	43
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	45
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	45
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	46
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	46
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно- технологических эксплуатационных и утилизационных процессов) ...	47

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта .....	51
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» .....	52
5 Экономическая эффективность работы.....	54
Заключение .....	58
Список используемой литературы.....	59
Приложения.....	61

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Машиностроение в последнее время привлекает все больше внимания со стороны правительства и бизнеса. Это связано с возможностью развития и получения значительной прибыли. Но без внедрения в производственный процесс современных наукоемких технологий это не возможно.

В чем могут заключаться современные технологии? В первую очередь это снижение затрат на производство, повышение точности и качества изделий, и как следствие повышение производительности.

Применение только высокопроизводительного оборудования не позволит добиться перечисленного, внимание необходимо уделять и новым методам проектирования технологических процессов, и разработке современной оснастки.

Основываясь на перечисленном выше сформулируем цель выпускной квалификационной работы – разработать технологический процесс изготовления детали в условиях серийного производства с выполнением требований чертежа и минимальными затратами.

# 1 Описание исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения детали

### 1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Проведем анализ служебного назначения, который необходим для определения правильности назначения точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, исходя из точности и положения сопрягаемых деталей.

Данная деталь является валом-шестерней привода загрузочного механизма и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи крутящего момента.

На рисунке 1.1 приведен фрагмент узла, в который входит данная деталь.

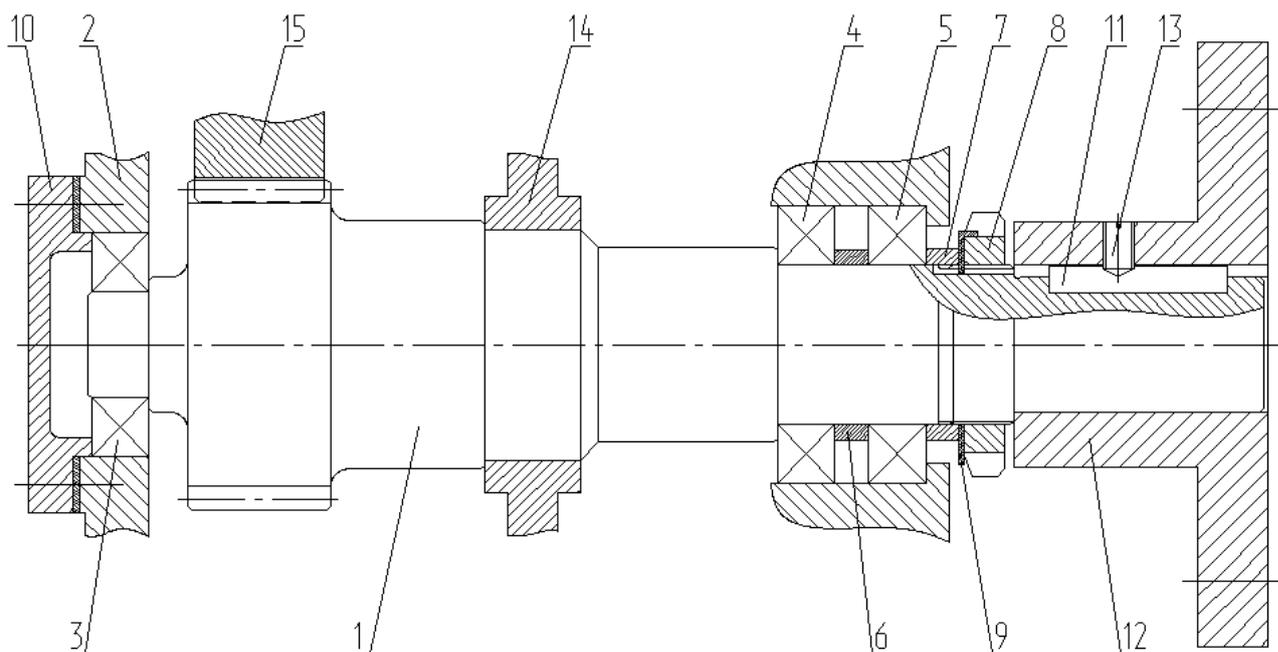


Рисунок 1.1 - Фрагмент узла

Вал-шестерня 1 (рисунок 1.1) устанавливается в корпусе 2 с помощью подшипников 3, 4, 5. Между подшипниками 4 и 5 установлена распорная втулка 6. Подшипники 4 и 5 фиксируются через втулку 7 гайкой 8 со стопорной шайбой 9.

В наружное кольцо подшипника 3 упирается бурт крышки 10, которая крепится к корпусу редуктора.

На правом выходном конце вал-шестерни 1 на шпонке 11 установлена полумуфта 12, которая фиксируется по шпонке винтом стопорным 13.

На вал-шестерне установлена втулка 14.

В зацеплении с зубчатым венцом вал-шестерни 1 находится колесо зубчатое 15.

### 1.1.2 Анализ материала детали

Вал-шестерня работает в условиях высоких скоростей и переменных нагрузок, поэтому имеет достаточно высокие требования к материалу и точности изготовления.

Деталь изготавливают из стали 20Х по ГОСТ 4543-71.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 20Х, в процентах

Элемент	углерод	сера	фосфор	хром	марганец	никель	кремний
		Не более					
Содержание	0.16-0.24	0.035	0.035	0,8-1,0	0.5-0.8	0.3	0.17-0.37

Таблица 1.2 - Физико-механические свойства стали 19ХГН

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ	НВ
МПа	МПа	%	%	Дж/см <sup>2</sup>	
635	780	11	40	59	180

### 1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Присвоим всем поверхностям номера и сформулируем служебное назначение поверхностей детали.

Основные конструкторские базы.

Поверхности ориентирующие данную деталь в механизме – 3,5,21,23;

Вспомогательные конструкторские базы.

Поверхности ориентирующие другие детали по отношению к данной – 17,25,29,33,36;

Исполнительные поверхности.

Поверхности выполняющие служебное назначение детали – 37,35;

Свободные поверхности.

Поверхности конструктивно оформляющие деталь – не перечисленные в первых трех категориях.

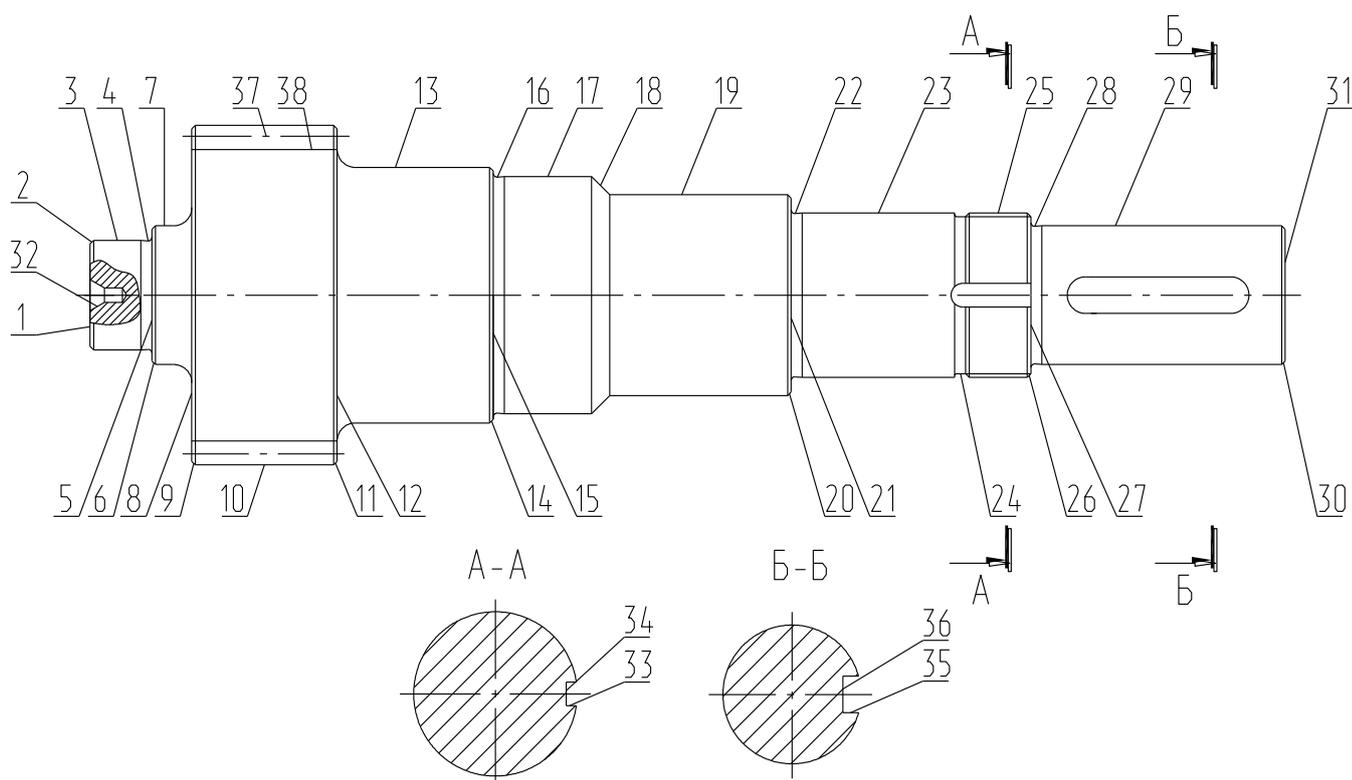


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей детали «Вал-шестерня»

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Основным критерием технологичности заготовки являются технологические и механические свойства материала. Материал данной детали обладает низкими литейными свойствами. Поэтому в качестве метода получения заготовки целесообразно использовать штамповку или прокат.

Преимуществом заготовки является простота геометрической формы

большой ее части, а также возможность формирования нескольких поверхностей на заготовительной операции без последующей обработки. Недостатками данной заготовки является сложная форма вильчатого кривошипа и невозможность образования отверстий на заготовительной операции. А также необходимо предусмотреть наличие уклонов и по возможности плоскую поверхность разъема для обеспечения свободного удаления заготовки из формы.

В конструкции детали использованы как стандартные фаски, радиусы, уклоны, так и нестандартные элементы: диаметры валов, посадочные размеры, что не позволяет в наибольшей степени использовать унифицированный инструмент и приспособления.

Вместе с тем конструкция детали позволяет проводить одновременную обработку нескольких поверхностей, с обеспечением свободного доступа к местам обработки, что позволяет говорить о технологичной конструкции детали.

Фаски расположены на поверхностях простого профиля, обеспечивается свободный вход и выход осевого инструмента.

Для обеспечения высокой технологичности базирования необходимо обеспечить совпадение технологической и измерительной баз. В базовом техпроцессе, на определенных его этапах, не обеспечивается данное требование, что приводит к возникновению погрешности базирования.

Базовые поверхности обладают достаточной протяженностью для устойчивого положения заготовки при обработке, достаточной точностью и шероховатостью для обеспечения выполнения требуемой точности обработки.

Максимальные требования по точности и шероховатости: 6 квалитет, 0,63 Ra. Это не требует применения специальных методов обработки и может быть достигнуто на станках нормальной точности. Поверхности различного назначения разделены по точности и шероховатости. Обеспечивается возможность обработки осевым инструментом на проход.

### 1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Таблица 1.3 - Характеристика базового техпроцесса

№оп	операция	оборудование	приспособле- ние	инструмент	Тшт, мин
000	Заготовительная				
005	Отрезная				
010	Токарная черно- вая	Универсальный 16К20	Патрон 3-х ку- лачковый	Резец проходной Т5К10	85
				Резец подрезной Т5К10	
			Центр вращаю- щийся	Сверло центровочное Р6М5	
015	Обтачивание чи- стовое	универсальный 16К20	Патрон повод- ковый с цен- тром	Резец проходной Т15К6	28
				Резец подрезной Т15К6	
				Резец канавочный Т15К6	
			Центр вращаю- щийся	Резец резьбовой Т15К6	
020	Кругло- лифовальная	Круглош- лифовальный станок 3М151	Патрон повод- ковый с цен- тром.	Шлифовальный круг	18
			Центр упорный		
025	Фрезерная	Вертикально- фрезерный 6Р11	Тиски	Фреза шпоночная Р6М5	29
030	Зубофрезерная	Зубофрезерный п/а 53А20	Приспособ- ление специаль- ное	Фреза червячная Р6М5	45
035	Зубошевинго- вальная	Зубошевинго- вальный станок 5701	Приспособ- ление специаль- ное	Шевер зубчатый Ø 180 Р6М5К5	32
040	Слесарная			Шлифшкурка, напильник	8
045	Моечная	КММ			1
050	Контрольная				
055	термическая				
060	Токарная	Токарно- винторезный 16К20	Патрон 3-х ку- лачковый	Сверло центровочное	6
065	Кругло- лифовальная	Круглош- лифовальный станок 3М152	Патрон повод- ковый с цен- тром.	Шлифовальный круг	22
			Центр упорный		
070	Моечная	КММ			1
075	Контрольная				

#### 1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса

После проведенного анализа базового техпроцесса, сформулируем задачи работы:

1. спроектировать заготовку и рассчитать припуски,
2. разработать технологический процесс изготовления детали,
3. спроектировать операции, рассчитать режимы резания, определить нормы времени на операции,
4. спроектировать станочное и контрольное приспособление,
5. разработать мероприятия по безопасности труда при изготовлении деталь,
6. определить экономический эффект от предложенных изменений в технологический процесс.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1 Выбор типа производства

Тип производства определим по табличным данным с учетом годовой программы, массы детали и качественной оценки трудоемкости ее изготовления.

При массе детали 6,0 кг и годовой программе выпуска  $N_T = 15000$  шт тип производства определяем как среднесерийное [9, с. 17]

Т.к. производство среднесерийное, то в зависимости от программы и номенклатуры выпускаемых деталей форма организации техпроцесса – будет поточная или переменнo- поточная.

В соответствии с этим необходимо использовать как универсальное так и специальное оборудование, станки-автоматы, механизированную оснастку, специальный режущий и мерительный инструмент, оборудование размещать по ходу технологического процесса.

### 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

#### 2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

Заготовку рассматриваемой детали можно получить:

- поковка или штамповка;
- прокат.

Определим параметры исходных заготовок.

Масса штамповки  $M_{ш}$ , кг, ориентировочно определяется по формуле [8, с. 23]

$$M_{ш} = M_d \cdot K_p, \quad (2.1)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – расчетный коэффициент, зависящий от формы детали и устанавливаемый по [8, с. 23]. Для данной детали примем  $K_p = 1.4$

$$M_{ш} = 6.00 \cdot 1.4 = 8.40 \text{ кг}$$

По ГОСТ 7505-89 [8] определим основные параметры заготовки:

- штамповочное оборудование: КГШП;
- нагрев заготовки: индукционный;
- класс точности – Т3 [8, с.28];
- материал заготовки относится к группе – М2 [8, с.8];
- сложность заготовки оценивается степенью – С2 [8, с. 29].

Определим массу проката  $M_{пр}$ , кг по формуле [11, с. 23]

$$M_{пр} = V \cdot \gamma, \quad (2.2)$$

где  $\gamma$  - отношение массы к объему тела, кг/мм<sup>3</sup>.

Определим конструктивные размеры заготовки из проката [11, с. 23]

$$d_{пр} = d_{д}^{max} \cdot 1,05 = 93 \cdot 1,05 = 97.7 \text{ мм} \quad (2.3)$$

где  $d_{д}^{max}$  – максимальный радиальный размер, мм

Принимаем стандартное большее значение  $d_{пр} = 100 \text{ мм}$

$$l_{пр} = l_{д}^{max} \cdot 1,05 = 329 \cdot 1,05 = 345.5 \text{ мм} \quad (2.4)$$

где  $l_{д}^{max}$  – наибольшая длина детали, мм

Принимаем  $l_{пр} = 345.5 \text{ мм}$

Объем заготовки из проката [11, с. 24]:

$$V = \pi \cdot d_{пр}^2 \cdot l_{пр} / 4 = 3,14 \cdot 100^2 \cdot 345.5 / 4 = 2712175 \text{ мм}^3 \quad (2.5)$$

Масса заготовки из круглого проката:

$$M_{пр} = 2712175 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 21.29 \text{ кг}$$

Принимаем проката обычной точности по ГОСТ 2590-2006

$$\text{Круг} \frac{100 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 2006}{20\text{X} - \text{ГОСТ 4543} - 71}$$

## 2.2.2 Технико-экономическое обоснование оптимального варианта заготовки

Для выбора метода получения заготовки необходимо провести экономическое сравнение принятых вариантов [11, с. 24]:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{з}}$  – цена материала заготовки, руб;

$C_{\text{мо}}$  – цена обработки, руб;

$C_{\text{отх}}$  – цена стружки, руб.

### 2.2.2.1 Вариант горячей штамповки

Цена штамповки [11, с. 24]:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{б}} \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.7)$$

где  $C_{\text{б}} = 11,2$  руб/кг [11, с. 23]

$K_{\text{т}} = 1,0$  [11, с. 24]

$K_{\text{сл}} = 0,87$  [11, с. 24]

$K_{\text{в}} = 0,89$  [11, с. 24]

Для стали 20X принимаем  $K_{\text{м}} = 1,18$  [11, с. 24]

Для среднесерийного производства  $K_{\text{п}} = 1,0$  [11, с. 24]

$$C_{\text{з}} = 11,2 \cdot 8,40 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,89 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 85,96 \text{ руб}$$

$$C_{\text{мо}} = (M_{\text{ш}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{уд}}, \quad (2.8)$$

$$C_{\text{уд}} = C_{\text{с}} + E_{\text{н}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (2.9)$$

Принимаем  $C_{\text{с}} = 14,8$  руб/кг,  $C_{\text{к}} = 32,5$  руб/кг [11, с. 25]

$$C_{\text{мо}} = (8.40 - 6.00) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 48.00 \text{ руб}$$

Стоимость отходов  $C_{\text{отх}}$ , руб, является возвратной величиной и определяется как

$$C_{\text{отх}} = (M_{\text{ш}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{отх}}, \quad (2.10)$$

где  $C_{\text{отх}}$  – цена отходов (стружки), руб/кг.

Принимаем  $C_{\text{отх}} = 0.4$  руб/кг [11, с. 25]

Тогда

$$C_{\text{отх}} = (8.40 - 6.00) \cdot 0.4 = 0.96 \text{ руб}$$

$$C_{\text{д}} = 85.96 + 48.0 - 0.96 = 133.00 \text{ руб}$$

#### 2.2.2.2 Вариант заготовки из проката

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{мпр}} \cdot M_{\text{пр}} + C_{\text{оз}}, \quad (2.11)$$

где  $C_{\text{мпр}}$  – стоимость материала 1 кг проката в руб/кг;  $C_{\text{мпр}} = 13$  руб/кг

$C_{\text{оз}}$  – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60}, \quad (2.12)$$

где  $C_{\text{пз}}$  – приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч;  $C_{\text{пз}} = 30,2$  руб/ч [11, с. 26]

$C_{\text{оз}}$  – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

Штучное время  $T_{\text{шт}}$ , мин, определяется по формуле [11, с. 26]

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} \cdot \varphi_{\text{к}}, \quad (2.13)$$

где  $T_{\text{о}}$  – машинное время, мин;

Для расчетов на этапе выбора заготовки можно принять  $\varphi_{\text{к}} = 1,5$ , а основное время для отрезных станков  $T_{\text{о}}$ , мин, определяется по формуле [11, с. 27]

$$T_o = 0,19 \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где  $d_{\text{пр}}$  – диаметр проката, мм

$$T_o = 0,19 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3} = 1.90 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 1.90 \cdot 1,5 = 2.85 \text{ мин}$$

$$C_{\text{оз}} = 30,2 \cdot 2.85 / 60 = 1.43 \text{ руб}$$

Тогда

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{мпр}} \cdot M_{\text{пр}} + C_{\text{оз}} = 13 \cdot 21.29 + 1.43 = 278.21 \text{ руб}$$

Стоимость механической обработки составит

$$C_{\text{мо}} = (M_{\text{пр}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{уд}} = (21.29 - 6.00) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 305.81 \text{ руб}$$

Стоимость отходов

$$C_{\text{отх}} = (21.29 - 6.00) \cdot 0.40 = 6.12 \text{ руб}$$

Тогда

$$C_{\text{д}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}} = 278.21 + 305.81 - 6.12 = 577.91 \text{ руб}$$

### 2.2.3 Сравнение вариантов исходных заготовок

$$K_{\text{им}} = M_{\text{д}} / M_{\text{з}} \quad (2.15)$$

Для штамповки

$$K_{\text{им}} = 6.00 / 8.40 = 0.71$$

Для проката

$$K_{\text{им}} = 6.00 / 21.29 = 0.28$$

По выполненным расчетам принимаем штамповку.

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = (C_{\text{д пр}} - C_{\text{д шт}}) \cdot N_{\text{г}}, \quad (2.16)$$

где  $N_{\text{г}} = 15000$  шт/год

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = (577.91 - 133.00) \cdot 15000 = 6673650 \text{ руб.}$$

## 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

В зависимости от точности и шероховатости поверхностей, выбираем маршрут их обработки.

Определяем коэффициент трудоемкости  $K_t$  на основании [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19].

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Поверхность	Маршрут	IT	Ra	$K_t$
1,31	П Ц, ТО, Шч	14	Ra 6,3	1,0
32		7	Ra 1,25	2,4
2,4,6,7,8,9,11,12,13,14,16,18,19,20, 22,24,26,27,28,30	Т, Тч, ТО	14	Ra 6,3	2,2
10	Т, Тч, ТО	10	Ra 6,3	2,2
25	Т, Тч, Рз, ТО	7g	Ra 6,3	3,4
3,23	Т, Тч, Ш, ТО, Шч	6	Ra 1,25	4,4
5,21		7	Ra 1,25	4,4
17,29	Т, Тч, ТО, Шч	8	Ra 1,25	4,4
35	Ф,ТО	9	Ra 3,2	1,0
36		12	Ra 6,3	1,0
33,34	Ф,ТО	14	Ra 6,3	1,0
37	Зф, Зп, ТО	7-A	Ra 1,25	2,4
38		13	Ra 6,3	1,2

## 2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

2.4.1 Расчет операционных припусков и размеров расчетно-аналитическим методом

Рассчитаем припуски на поверхность  $\varnothing 45j6(^{+0,011}_{-0,005})$

Данные исходных значений допусков, элементов припуска и расчетов припуска приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2- Расчет припуска

№ пер	Технологический переход	Элементы припуска, мкм			2Z min мкм	Операц до-пуск Тd/Т	d <sup>i</sup> min мм	Предельн. размеры мм		Предельн. припуски мм	
		Rz <sup>i-1</sup>	ρ <sup>i-1</sup>	ε <sub>уст</sub> <sup>i-1</sup>				d <sup>i</sup> min	d <sup>i</sup> max	2Z max	2Z min
1	Штамповать	360	1110	-	-	2600	48,948	48,948	51,548	-	-
						Т 16					
2	Точить начерно	100	67	650	3292	390	45,656	45,656	46,046	5,892	2,902
						Т 13					
3	Точить начисто	50	44	39	355	100	45,301	45,301	45,401	0,745	0,255
						Т 10					
4	Шлифовать начерно	30	22	26	202	39	45,099	45,099	45,138	0,302	0,163
						Т 8					
5	Шлифовать начисто	20	11	0	104	16	44,995	44,995	45,011	0,143	0,088
						Т 6					

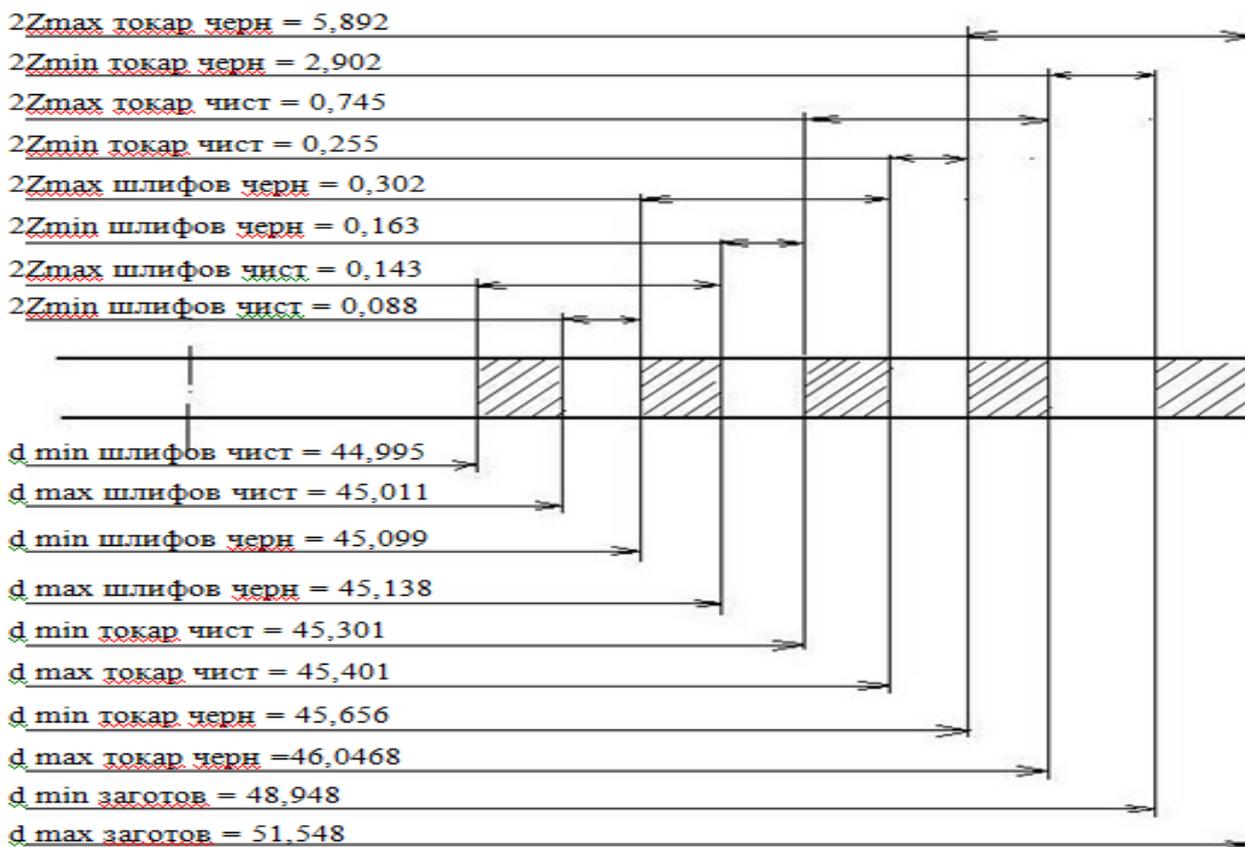


Рисунок 2.1 – Схема расположения припусков на  $\varnothing 45j6^{(+0,011}_{-0,005)}$

#### 2.4.2 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров табличным методом

Результаты расчетов припусков табличным методом приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку поверхностей вал-шестерни

№ оп	Наименование оп.	№ обрабатываемых поверхностей	Припуск на сторону, мм
005	Центровально-подрезная	1,31	2,3
010	Токарная (черновая)	3,5,7,8,10	1,9
015	Токарная (черновая)	11,12,14,15,16,17,19,20,25,26	1,9
020	Токарная (чистовая)	2-10	0,40
025	Токарная (чистовая)	11-30	0,40
030	Круглошлифовальная (черновая)	3,23 5,21	0,17
075	Круглошлифовальная (чистовая)	3,23 5,21	0,08
080	Круглошлифовальная (чистовая)	29,17	0,15

#### 2.4.3 Проектирование и расчет штампованной заготовки

Основные параметры заготовки принимаем по [8].

Штамповочное оборудование: КГШП.

Нагрев заготовки: индукционный.

Класс точности – Т3 [8, с.28]

Материал заготовки относится к группе – М1 [8, с.8]

Сложность штамповки оценивается степенью – С2 [8, с. 29]

Плоскость разреза штампа - П (плоская) [8, с.8]

Исходный индекс 11 [8, с.10]

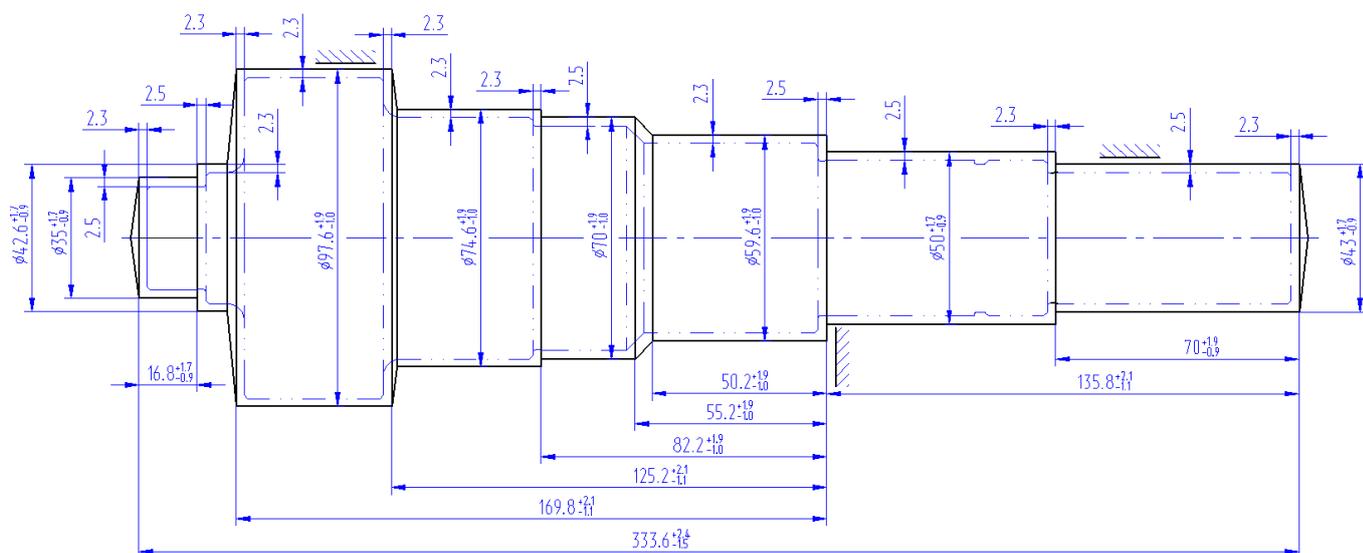


Рисунок 2.2 – Эскиз заготовки

Объем цилиндрических элементов заготовок определяется по формуле (2.5).

$$V = 3,14/4 \cdot (35^2 \cdot 16,8 + 42,6^2 \cdot 11,2 + 97,6^2 \cdot 44,6 + 74,6^2 \cdot 43 + 70^2 \cdot 32 + 59,6^2 \cdot 50,2 + 50^2 \cdot 65,8 + 43^2 \cdot 70) = 1047272 \text{ мм}^3 .$$

Масса штамповки  $M_3$ , кг

$$M_3 = V \cdot \gamma = 1047272 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 8,2 \text{ кг}$$

$$\text{КИМ} = M_d / M_3 = 6,0 / 8,2 = 0,73$$

## 2.5 Разработка схем базирования

Закрепление должно обеспечить во время технологических операций неподвижность заготовки относительно приспособлений, гарантирующую сохранение базирования и нормальное протекание процесса обработки. Поэтому при назначении технологических баз следует предусматривать выполнения принципа единства баз, то есть совмещать измерительную и технологическую базы, исполь-

зубы для отсчета размера и базирования заготовки.

На первой операции мех обработки выполняется подготовка чистовых баз – центровых отверстий, которые в дальнейшем будут использоваться в качестве технологических.

## 2.6 Технологический маршрут обработки детали

На основе анализа базового технологического процесса, представленного в таблице 1.3, спроектируем новый технологический маршрут обработки с учетом условий среднесерийного производства.

Таблица 2.4- Технологический маршрут обработки вал-шестерни

№ оп.	Наименование операции	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	Точность, качество	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная	-	-	T3	Ra 40
005	Фрезерно-центровальная	10,29,21	1,31	14	Ra 6,3
			32	10	Ra 6,3
010	Токарная (черновая)	31,32	3,5,7,8,10	13	Ra 12,5
015	Токарная (черновая)	1,32	11,12,14,15,16,17,19,20, 25,26	13	Ra 12,5
020	Токарная (чистовая)	31,32	2-10	10	Ra 6,3
025	Токарная (чистовая)	1,32	11-30	10	Ra 6,3
030	Круглошлифовальная (черновая)	31,32	3,23	8	Ra 1,6
			5,21	9	Ra 1,6
035	Фрезерная	3,29,31	35	9	Ra 3,2
			36	12	Ra 6,3
			33,34	13	Ra 6,3
040	Зубофрезерная	1,32	37	9	Ra 2,5
			38	12	Ra 6,3
045	Слесарная			-	-
050	Зубопркатная	1,32	37	7-C	Ra 1,25
055	Моечная				
060	Контрольная				

№ оп.	Наименование операции	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	Точность, квалитет	Ra, мкм
065	Термическая			-	-

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
070	Центрошлифовальная	3,21,23	32	7	Ra 1,25
075	Круглошлифовальная (чистовая)	31,32	3,23	6	Ra 1,25
			5,21	7	Ra 1,25
080	Круглошлифовальная (чистовая)	1,32	29,17	8	Ra 1,25
085	Моечная				
090	Контрольная				

## 2.7 Разработка плана обработки

План обработки детали "Вал-шестерня" представлен в графической части данной работы.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения

### 2.8.1 Выбор оборудования и приспособлений

Таблица 2.5 - Выбор оборудования и приспособлений

№ оп.	Наименование операции	Станок	Приспособление
1	2	3	4
005	Центровально-подрезная	Центровально-подрезной п/а 2А923	СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66
010 015	Токарная (черновая)	Токарный с ЧПУ RAIS T500	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
			Центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75
020 025	Токарная (чистовая)	Токарный с ЧПУ RAIS T500	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4
			Центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75
030	Круглошлифовальная (черновая)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
			Центр упорный ГОСТ 18259-72
045	Фрезерная	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1	СНП с призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66
040	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок 53A20	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
			Центр упорный ГОСТ 18259-72
045	Слесарная	Электрохимический станок 4407	
050	Зубопркатная	Зубопркатной п/а 5965	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
			Центр упорный ГОСТ 18259-72
055 080	Моечная	моечная машина	
070	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок с ЧПУ ZS 2000	СНП с самоцентрирующими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66
075 080	Круглошлифовальная (чистовая)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71
			Центр упорный ГОСТ 18259-72

## 2.8.2 Выбор режущего инструмента и средств контроля

Таблица 2.6 - Выбор инструмента и средств контроля

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент
1	2	3
005	Центровально-подрезная	Пластина для подрезки ГОСТ 19052-80 Т5К10
		Сверло центровочное Ø4 тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5
010 015	Токарная (черновая)	Резец проходной с механическим креплением. Пластина 3-х гранная, Т5К10 $\varphi=97^\circ$ , $\varphi_1=8^\circ$ , $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83
020 025	Токарная (чистовая)	Резец проходной с механическим креплением. Пластина Т15К6 $\varphi=97^\circ$ , $\varphi_1=27^\circ$ , $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83
		Резец резьбовой с механическим креплением. Пластина Sandvik Coromant R166.0G-22MM01, материал - сплав GC4125 $\varphi=60^\circ$ , h=25 b=25 L=125
030	Круглошлифовальная (черновая)	Шлифовальный круг 1 450x20x203 91А F46 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007
035	Фрезерная	Фреза шпоночная Ø6,5, Ø10 ГОСТ 9140-78 Р6М5К5
040	Зубофрезерная	Фреза червячная модульная сборная с рейками из стали Р6М5К5 Ø109 m=3
050	Зубопркатная	Прикатник зубчатый специальный Р6М5К5 Ø310,58
070	Центрошлифовальная	Шлифовальная головка EW10x15 91А F60 М 7 V А 20 м/с ГОСТ 2447-82.
075 080	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовальный круг 1 450x20x203; 1 450x30x203 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007

## 2.8.4 Выбор контрольно-измерительных средств

Таблица 2.7 - Выбор инструмента

№ оп	Наименование операции	Мерительный инструмент
1	2	3
005	Центровально-подрезная	Калибр-пробка ГОСТ14827-69
		Шаблон ГОСТ 2534-79
010	Токарная (черновая)	Шаблон ГОСТ 2534-73
015	Токарная (чистовая)	Калибр-скоба ГОСТ18355-73
020		Калибр-скоба ГОСТ18355-73
025		Шаблон ГОСТ 2534-79
030	Круглошлифовальная (черновая)	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
		Шаблон ГОСТ 2534-79
		Приспособление мерительное с индикатором
035	Фрезерная	Шаблон ГОСТ 2534-73
040	Зубофрезерная	Шаблон ГОСТ 2534-73
		Приспособление мерительное с индикатором
050	Зубоприкатная	Шаблон ГОСТ 2534-73
		Приспособление мерительное с индикатором
070	Центрошлифовальная	Шаблон ГОСТ 2534-73
		Приспособление мерительное с индикатором
075	Круглошлифовальная (чистовая)	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73
080		Шаблон ГОСТ 2534-79
		Приспособление мерительное с индикатором

## 2.9 Проектирование технологических операций

### 2.9.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на токарную операцию 015.

#### 2.9.1.1 Исходные данные

Деталь - вал-шестерня

Материал- сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71  $\sigma_B = 1180$  МПа

Заготовка- штамповка

#### 2.9.1.2 Структура операции (последовательность переходов)

Обточить выдерживая размеры  $\varnothing 39,1_{-0,39}$ ;  $\varnothing 46,2_{-0,39}$ ;  $\varnothing 55,8_{-0,46}$ ;  $\varnothing 66,1_{-0,46}$ ;  $\varnothing 70,8_{-0,46}$ ;  $R5_{-0,22}$ ;  $61,04 \pm 0,23$ ;  $104,04 \pm 0,27$ ;  $131,04 \pm 0,31$ ;  $136,04 \pm 0,31$ ;  $186,24 \pm 0,36$ ;  $252,04 \pm 0,36$ .

#### 2.9.1.3 Выбор режущих инструментов

Резец проходной с механическим креплением ( $h=25$   $b=25$   $L=125$ ).

Пластина 3х-гранная, Т5К10  $\varphi = 93^\circ$ ,  $\varphi_1 = 8^\circ$ ,  $\lambda = 0$   $\alpha = 11^\circ$

#### 2.9.1.4 Данные оборудования

Для выполнения операции используется станок модели-RAIS T500

#### 2.9.1.5 Расчет режимов резания

Срезаемый слой (припуск)  $t$ , мм

$t = 1,9$  мм

Величина перемещения инструмента за один оборот заготовки  $S$ , мм/об

$S = 0.5$  мм/об [17, с.268].

Определяем скорость перемещения режущей кромки по заготовке  $V$ , м/мин,

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.17)$$

где  $C_U$  - базовая величина для данных условий обработки;  $C_U = 350$  [17, с.270]

$T$  - время работы одной пластины, мин;  $T = 60$  мин;

$t$  - припуск, мм;

$m, x, y$  - табличные величины степеней;  $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35$  [17, с.270]

$K_U$  - коэффициент обеспечивающий условия возникающие при обработке:

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.18)$$

где коэффициенты учитывающие:

$K_{MU}$  - состояние материала заготовки. [17, с.261]

$K_{ПУ}$  - резание по корке или без;

$K_{ПУ} = 1.0$  [17, с.263]

$K_{ИУ}$  - свойства режущей пластины;  $K_{ИУ} = 0,65$  [17, с.263]

$$K_{MU} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_U}, \quad (2.19)$$

где  $K_{\Gamma} = 1.0$  [17, с.262]

$\sigma_B$  – механическое напряжение;

$n_U = 1,0$ .

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{780}\right)^{1,0} = 0,96$$

$$K_U = 0,96 \cdot 1.0 \cdot 0,65 = 0,62$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,9^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,62 = 110,7 \text{ м/мин}$$

Определим частоту вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

$$\varnothing 39,1: n_1 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 39,1} = 901 \text{ мин}^{-1}$$

$$\varnothing 46,2: n_2 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 46,2} = 763 \text{ мин}^{-1}$$

$$\varnothing 55,8: n_3 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 55,8} = 631 \text{ мин}^{-1}$$

$$\varnothing 66,1: n_4 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 66,1} = 533 \text{ мин}^{-1}$$

$$\varnothing 70,8: n_5 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 70,8} = 498 \text{ мин}^{-1}$$

Проведем корректировку частоты вращения по паспорту станка:

$$n_{1,2} = 800 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = 630 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_{4,5} = 500 \text{ мин}^{-1}$$

определим действительную скорость  $V$ , м/мин:

$$\varnothing 39,1: V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 39,1 \cdot 800}{1000} = 98,2 \text{ м/мин}$$

$$\varnothing 46,2: V_2 = \frac{3,14 \cdot 46,2 \cdot 800}{1000} = 116,1 \text{ м/мин}$$

$$\varnothing 55,8: V_3 = \frac{3,14 \cdot 55,8 \cdot 630}{1000} = 110,4 \text{ м/мин}$$

$$\varnothing 66,1: V_4 = \frac{3,14 \cdot 66,1 \cdot 500}{1000} = 103,8 \text{ м/мин}$$

$$\varnothing 70,8: V_5 = \frac{3,14 \cdot 70,8 \cdot 500}{1000} = 111,1 \text{ м/мин}$$

Определим силовые составляющие

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.21)$$

где  $C_p$  - величина учитывающая условия обработки;  $C_p = 300$  [17, с.273]

$x, y, n$  - табличные значения степеней;  $x=1.0, y=0.75, n= -0.15$ ;

$K_p$  - корректирующий коэффициент.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.22)$$

$K_{MP}$  - коэффициент учитывающий качество материала заготовки [17, с.264]

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.23)$$

где  $\sigma_B$  - механическое напряжение;

$$n = 0.75$$

$$K_{MP} = \left( \frac{780}{750} \right)^{0.75} = 1.03;$$

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$  - показатели учитывают геометрию режущих пластин.

$$K_{\phi p}=0.89 \quad K_{\gamma p}=1.0 \quad K_{\lambda p}=1.0 \quad K_{rp} = 1.0$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1.9^{1.0} \cdot 0.5^{0.75} \cdot 116.1^{-0.15} \cdot 1.03 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1522 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность  $N$ , кВт

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1522 \cdot 116.1}{1020 \cdot 60} = 2.89 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка RAIS T500

$$N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0.75 = 7.5 \text{ кВт}; \quad 3.2 < 7.5, \text{ т. е. обработка возможна.}$$

## 2.9.2 Расчет режимов резания табличным методом

Рассчитаем режимы резания на остальные операции техпроцесса, пользуясь [1]. Результаты расчета в таблице 2.8

Таблица 2.8 - Сводная таблица режимов резания

№ оп	операция	переход	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V_r$ , м/мин	$n_r$ , об/мин	$n_{пр}$ об/мин	$V_{пр}$ м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Центровально-подрезная	Центровать $\varnothing 4$	2,0	0,1	11	875	582	7,3
		Подрезать торец 43	2,3	0,1	70	518	582	78,5
10	Токарная (черновая)	Обточить $\varnothing 31,2$	1,9	0,5	110,7	1130	1000	98,0
		Обточить $\varnothing 38,8$	1,9	0,5	110,7	908	800	97,4
		Обточить $\varnothing 93,8$	1,9	0,5	110,7	375	400	117,8
15	Токарная (черновая)	Обточить $\varnothing 39,1$	1,9	0,5	110,7	901	800	98,2
		Обточить $\varnothing 46,2$	1,9	0,5	110,7	763	800	116,1
		Обточить $\varnothing 55,8$	1,9	0,5	110,7	631	630	110,4
		Обточить $\varnothing 66,1$	1,9	0,5	110,7	533	500	103,8
		Обточить $\varnothing 70,8$	1,9	0,5	110,7	498	500	111,1
20	Токарная (чистовая)	Обточить $\varnothing 30,4$	0,4	0,25	210	2199	2000	190,9
		Обточить $\varnothing 38$	0,4	0,25	210	1760	1600	190,9
		Обточить $\varnothing 93$	0,4	0,25	210	719	630	184,0
25	Токарная (чистовая)	Обточить $\varnothing 38,3$	0,4	0,25	210	1746	1600	192,4
		Обточить $\varnothing 45,4$	0,4	0,25	210	1473	1250	178,6
		Обточить $\varnothing 55$	0,4	0,25	210	1216	1250	215,9
		Обточить $\varnothing 65,3$	0,4	0,25	210	1024	1000	205,0
		Обточить $\varnothing 70$	0,4	0,25	210	955	1000	219,8
		Точить резьбу М45х1,5 За 6 проходов	1,5	1,5	160	1132	1000	141,3
30	Круглошлифовальная (черновая)	Шлифовать $\varnothing 30,14$	0,13	0,008* 6	35	370	370	35
		Шлифовать $\varnothing 45,14$	0,13		35	247	247	35
35	Фрезерная	Фрезеровать паз В=10 В=6,5	5,0	0,05	22	700	630	19,8
			3,0	0,08	20	979	1000	20,4

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	Зубофрезерная	Фрезеровать зубья $\varnothing$ 86,96	6,6	2,8	75,6	220	240	82,1
55	Зубоприкатная	Прикатать зубья $\varnothing$ 86,96 прикатником $\varnothing$ 310,58	0,10	0,030	90	92,2	100	97,5
75	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовать $\varnothing$ 30	0,07	0,005* 6	35	371	371	35
		Шлифовать $\varnothing$ 45	0,07		35	247	247	35
80	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовать $\varnothing$ 38	0,15	0,006* 8	35	293	293	35
		Шлифовать $\varnothing$ 65	0,15		35	171	171	35

\*-подача в мм/ход

### 2.10 Определение норм времени на все операции

Произведем расчет технических норм времени на все операции технологического процесса изготовления вал-шестерни.

Время на выполнение технологической операции [5, с.101]

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_{шт} \quad (2.25)$$

где  $T_{п-з}$  - время на ознакомление с чертежом, мин;

$n$  - объем заготовок в партии, шт

$$n = N \cdot a / Д, \quad (2.26)$$

где  $N$ - объем выпуска изделий за год;

$a$ - периодичность запуска в днях (3,6,12,24 дня). Принимаем  $a = 6$ ;

$Д$ - количество рабочих дней.

$$n = 15000 \cdot 6 / 254 = 354$$

Определим время на выполнение технологической операции

$$T_{шт} = T_o + T_b \cdot k + T_{об.от} \quad (2.27)$$

Для абразивной операции  $T_{шт}$ , мин [5, с.101]

$$T_{шт} = T_o + T_b \cdot k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от} \quad (2.28)$$

где  $T_o$  - машинное время, мин;

$T_b$  - время на управление станком, мин.

$$T_b = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.29)$$

где время:  $T_{y.c}$  - на базирование и снятие заготовки, мин

$T_{з.о}$  - на зажим и разжим заготовки, мин;

$T_{уп}$  - на режимы управления станком, мин;

$T_{из}$  - на контроль заготовки, мин;

$K=1,85$ -коэффициент для среднесерийного производства

$T_{об.от}$  - на удаление стружки и замену инструмента, мин.

$T_{тех}$  - на смазку и ремонт

$T_{от}$  - на отдых, мин.

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п} / T \quad (2.30)$$

где  $t_{п}$  - время на восстановление профиля инструмента, мин

$T$  - время между правками инструмента, мин

Проведем расчет норм времени на все операции. Результаты расчетов норм времени заносим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9- Нормы времени

№ оп	Наименование оп	$T_o$	$T_b$	$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	n	$T_{шт-к}$
		мин	мин	мин	мин	мин	мин		мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
05	Центровально-подрезная	0,223	0,296	0.519	0,031	26	0,550	354	0,623
10	Токарная (черновая)	0,421	0,296	0.717	0,043	17	0,760	354	0,808
15	Токарная (черновая)	0,889	0,362	1,251	0,075	17	1,326	354	1,374

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Токарная (чистовая)	0,514	0,351	0.865	0,052	17	0.917	354	0,965
25	Токарная (чистовая)	0,964	0,481	1,445	0,087	20	1.532	354	1,588
30	Круглошлифовальная (черновая)	0,502	0,374	0,876	0,112	17	0,988	354	1,036
35	Фрезерная	2,032	0,370	2,402	0,144	28	2,546	354	2,619
40	Зубофрезерная	3,125	0,407	3,532	0,211	26	3,743	354	3,816
50	Зубопркатная	0,500	0,490	0,990	0,059	26	1.049	354	1,122
70	Центрошлифовальная	0,210	0,462	0.672	0,076	20	0,748	354	0,804
75	Круглошлифовальная (чистовая)	0,472	0,573	1.045	0,123	17	1,168	354	1,216
80	Круглошлифовальная (чистовая)	0,886	0,573	1.456	0,191	17	1.647	354	1,695

## 3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

### 3.1 Проектирование станочного приспособления

#### 3.1.1 Анализ конструкции базового приспособления.

##### Цели проектирования

На токарной операции 025 для закрепления детали в базовом варианте применяется 3-х кулачковый поводковый рычажный патрон.

Патрон с плавающим подпружиненным центром. Основным недостатком данного патрона является: низкая точность установки заготовки из-за того, что центр установлен в отверстии с зазором.

Поэтому основной задачей является проектирование нового токарного рычажного патрона с жестким упорным центром, установленным с натягом. Погрешности установки в таком патроне будут меньше, чем в базовом варианте.

#### 3.1.2 Расчет усилия резания

При точении ведем расчет по главной составляющей силы резания  $P_z$ .

Главная составляющая силы резания определена п. 2.9:  $P_z = 1522 \text{ Н}$

#### 3.1.3 Расчет усилий закрепления заготовки

При взаимодействии технологической системы между ее звеньями возникает система сил: это сила от внедрения инструмента в заготовку и сила удержания заготовки установочными элементами приспособления. Для надежного удержания заготовки необходимо обеспечить равенство моментов создаваемых этими силами.

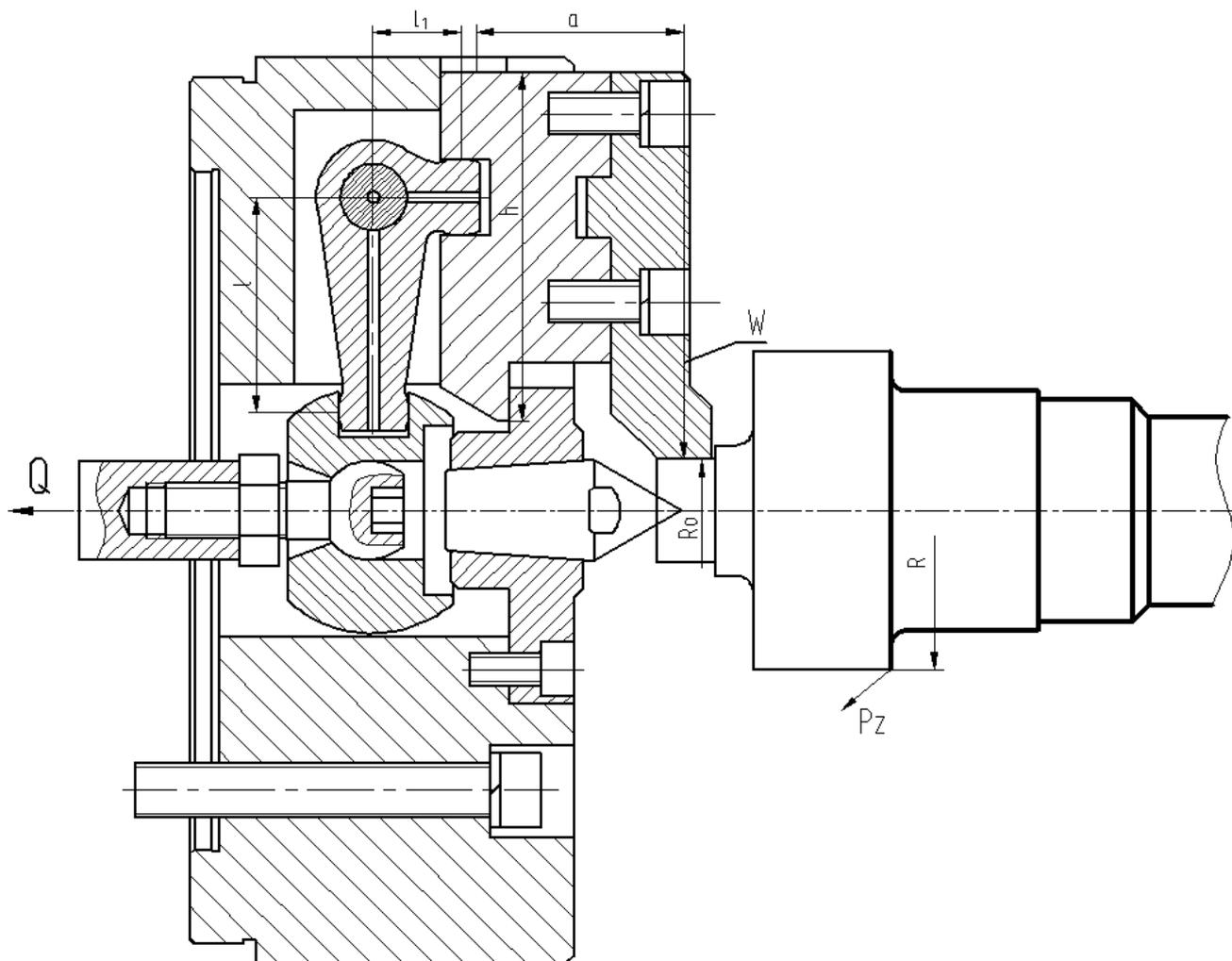


Рисунок 3.1 - Схема приложения сил

Условие удержание заготовки – равенство моментов:

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{рез}}, \quad (3.1)$$

$$M_{\text{рез}} = P_Z \cdot R, \quad (3.2)$$

где  $R$  -  $\frac{1}{2}$  диаметра обработки, мм;

$$M_{\text{тр}} = T \cdot R_0 = W_Z \cdot f \cdot R_0, \quad (3.3)$$

По выражению 3.1 усилие зажима равно:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R}, \quad (3.4)$$

где K- коэффициент запаса

Коэффициент запаса K определяется по формуле [18, с.382]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

где коэффициенты:

$K_0$  - гарантированный запаса надежности.  $K_0 = 1,5$  [19, с.382];

$K_1$  - изменение силы вследствие изменения глубины резания.  $K_1 = 1,2$  [19, с.382];

$K_2$  - изменение силы при изменении состояния режущих кромок инструмента.  $K_2 = 1,0$  [19, с.383];

$K_3$  - изменение силы при случайном или резком ее увеличении.  $K_3 = 1,2$  [19, с.383];

$K_4$  - стабильность силы обеспечиваемой кулачками.  $K_4 = 1,0$  [19, с.383];

$K_5$  - удобство использования приспособления;  $K_5 = 1,0$  [19, с.383].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Если  $K < 2,5$ , принимаем  $K = 2,5$ .

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 1522 \cdot 93,8 / 2}{0,5 \cdot 31,2 / 2} = 22878 \text{ Н.}$$

### 3.1.4 Расчет зажимного механизма

Схема зажимного механизма представлена на рисунке 3.1.

Величина усилия зажима  $W_1$ , прикладываемого к постоянным кулачкам, несколько увеличивается по сравнению с усилием зажима  $W$  и рассчитывается по формуле [2, с.153]:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \frac{r}{h}}, \quad (3.6)$$

где  $K_1 = (1,05 \div 1,1)$  – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне. Принимаем  $K_1 = 1,05$  [2, с.153]

$f_1$  – коэффициент трения направляющей постоянного кулачка и корпуса патрона;  $f_1 = 0,1$  [2, с.153];

$a$  – вылет кулачка, мм;  $a = 60$  мм;

$h$  – длина направляющей постоянного кулачка, мм;  $h = 105$  мм.

$$W_1 = 1,05 \cdot \frac{22878}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (60/105)} = 28025 \text{ Н.}$$

Определяем усилие  $Q$ , создаваемое силовым приводом, и передаваемое через зажимной механизм на постоянный кулачок по формуле (3.7):

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (3.7)$$

где  $l_1, l$  – плечи рычага, мм

$$Q = 28025 \cdot \frac{25}{65} = 10778 \text{ Н.}$$

### 3.1.5 Расчет силового привода

В качестве привода принимаем пневмоцилиндр двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа.

Тянущая сила на штоке для привода двухстороннего действия определяется по формуле [18, с. 449] .

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

где  $Q$  – тянущая сила на штоке, Н

$D$  – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм

$d$  – диаметр штока пневмоцилиндра, мм

$p$  - рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,9$ -КПД привода

Приняв по [18, с. 379] приближенно  $d = 0.25D$ , получим:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2(1 - 0.25^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0.9375 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \quad (3.9)$$

Тогда:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0.9375 \cdot p \cdot \eta}} = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (3.10)$$

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{10778}{0,4 \cdot 0,9}} = 198.9 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ 15608-81 стандартное значение пневмоцилиндра  
 $D = 200$  мм.

Определим ход рычага в месте закрепления (ход кулачков) по формуле

$$S_{p(w)} = T + \Delta_{\text{ГАР}} + \frac{W}{J_p} + \Delta S_p, \quad (3.11)$$

где  $T$  – допуск на размер от базовой поверхности до поверхности закрепления, мм; для  $\varnothing 31,2h13$   $T = 0.39$  мм

$\Delta_{\text{ГАР}}$  - гарантированный зазор между поверхностью заготовки и зажимным элементом ( $\Delta_{\text{ГАР}} = 0.2 \dots 0.4$  мм), мм;

$J_p$  – жесткость РЗМ ( $J_p = 14700-24500$  кН/м), Н/мм;

$\Delta S_p$  - запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления рычага ( $\Delta S_p = 0.2 \dots 0.4$  мм), мм;

$$S_{p(w)} = 0,39 + 0,4 + \frac{8515}{2,0 \cdot 10^4} + 0,4 = 1,61 \text{ мм}$$

Принимаем с учетом запаса  $S_{p(w)} = 1,7$  мм

Ход рычага в месте соединения с приводом (ход штока пневмоцилиндра) определим по формуле

$$S_{p(Q)} = S_{p(w)} \cdot i_{\Pi} + b, \quad (3.12)$$

где  $i_{\Pi}$  - передаточное отношение перемещений рычага.

$b = 1$  мм – технологический зазор между гайкой и втулкой, для обеспечения хода плавающих кулачков.

$$i_{\Pi} = \frac{L_2}{L_1}, \quad (3.13)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  – расстояния от опоры до мест приложения усилий  $Q$  и  $W$  соответственно, мм.

$$S_{p(Q)} = 1,7 \cdot \frac{65}{25} + 1 = 5,5 \text{ мм}$$

Примем  $S_{p(Q)} = 6$  мм

### 3.1.6 Расчет погрешности базирования

Погрешность базирования при установке заготовки в поводковом патроне в центрах (передний центр жесткий) для линейных размеров от обрабатываемого торца определяется по формуле

$$\varepsilon_B = 0,5 IT_{D_{ц}} \cdot \text{ctg} \alpha_{ц}, \quad (3.14)$$

где  $IT_{D_{ц}}$  – допуск на диаметр центрального отверстия, мм;

$\alpha_{ц}$  - половина угла при вершине рабочего конуса.

$$\varepsilon_B = 0,5 \cdot 0,08 \cdot \text{ctg} 30 = 0,07 \text{ мм}$$

Максимальный допуск на линейные размеры на токарной операции  $Tl = 0,46$  мм  $< 0,07$  мм, следовательно, приспособление обеспечивает заданную точность.

В радиальном направлении  $\varepsilon_B = 0$  (установка в центрах по оси), следовательно, приспособление обеспечивает заданную точность в радиальном направлении.

### 3.1.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления

По результатам расчетов выполняем чертеж приспособления.

Приспособление состоит из патрона и пневмопривода.

Патрон устанавливается на фланец шпинделя и крепится винтами 24 с шайбами 38. Патрон состоит из корпуса 8, в направляющие которого установлены подкулачники 13. К подкулачникам винтами 22 с шайбами 37 крепятся сменные кулачки 11. В центральной отверстии корпуса патрона на винте 2 установлена втулка 3. В паз подкулачника 13 и в выточку втулки 3 входят плечи рычага 15. Рычаг 15 установлен в корпусе патрона на оси 12, которая фиксируется винтами 25,26. Для смазки рычага в оси выполнены отверстия, закрытые масленкой 35. К корпусу 8 винтами 21 крепится фланец 17 с установленным в нем центром 18.

Винт 2 с помощью гайки 28 соединен с тягой 16, которая, в свою очередь соединена со штоком 19 пневмоцилиндра.

Пневмоцилиндр содержит корпус 9, в котором с помощью винтов 23 с шайбами 37 установлена крышка 10. В пневмоцилиндре установлен поршень 14, который с помощью гайки 27 с шайбой 36 крепится к штоку 19. В штоке установлена втулка 4 с кольцом 7. В отверстие втулки 4 входит трубка муфты 1 для подвода воздуха.

Муфта 1 установлена в корпусе 9 с помощью гайки.

Для уплотнения в пневмоцилиндре установлены уплотнительные кольца 29,30,31,32,33,34.

Для предотвращения ударов поршня о стенки корпуса 9 и крышки 10 на поршне 14 установлены демпферы 5.

Пневмоцилиндр устанавливается на заднем конце шпинделя на фланце, который крепится болтами 20 с шайбами 37.

Патрон работает следующим образом:

Заготовка устанавливается на центре 18 и поджимается задним центром. При подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 14 через

шток 19, тягу 16, винт 2 тянет втулку 3 влево, рычаг 15 поворачивается на оси 12, сдвигая подкулачники 13 с закрепленными на них сменными кулачками 11, которые зажимают заготовку. При подаче воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра поршень 14 отходит вправо, описанный выше цикл происходит в обратном направлении и заготовка разжимается.

## 3.2 Проектирование контрольного приспособления

### 3.2.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

После шлифовальной операции 080 происходит окончательный выборочный контроль биения базовых поверхностей относительно оси центров. Спроектируем приспособление для контроля биения, взяв за основу приспособления для аналогичных деталей.

### 3.2.2 Описание сущности усовершенствований

В отличие от базового варианта с механическим индикатором с ценой деления 0,002 мм применим электронный индикатор Mitutoyo 545A с точностью 0,001 мм.

### 3.2.3 Описание конструкции приспособления

Описание конструкции приспособления.

Приспособление содержит основание 5 к которому винтами 15 с шайбами 17 с помощью шпонок 10 крепятся стойки 6 с центрами 2 и 8. Центр 8 неподвижный, центр 2 подпружиненный. Центры крепятся с помощью винтов 14 с шайбами 16.

К основанию 5 винтами 13 с шайбами 16 крепится плита 5. На плиту 5 устанавливается корпус 3 с закрепленным в нем винтом 12 индикатором 1.

Винтами 11 к основанию 5 крепится табличка 7 с маркировкой обозначения чертежа приспособления, детали, даты.

Приспособление работает следующим образом.

Заготовку устанавливают в центрах. Индикаторный блок придвигают по плите 5 вперед до тех пор, пока он вставкой не упрется в контролируемую шейку заготовки. Заготовку проворачивают на  $360^\circ$  и по показаниям индикатора определяют величину биения шеек относительно оси центров.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Технологический паспорт объекта приведем в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Штамповка	Заготовительная операция	Кузнец-штамповщик	Пресс КГШП	Металл
2	Центрование и подрезка	Центровально-подрезная операция	Фрезеровщик	Центровально-подрезной п/а 2А923	Металл, СОЖ
3	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарный с ЧПУ RAIS T500	Металл, СОЖ
4	Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станка с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1	Металл, СОЖ
5	Зубофрезерование	Зубофрезерная операция	Зуборезчик	Зубофрезерный станок 53А20	Металл, СОЖ
6	Зубоприскатывание	Зубоприскатная операция	Зуборезчик	Зубоприскатной п/а 5965	Металл, СОЖ
7	Круглое шлифование	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3СNC	Металл, СОЖ
8	Центрошлифование	Центрошлифовальная операция	Шлифовщик	Центрошлифовальный станок с ЧПУ ZS 2000	Металл, СОЖ

## 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификацию профессиональных рисков приведем в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ 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	Заготовительная операция	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Пресс КГШП
2	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Токарный с ЧПУ RAIS T500
3	Центровально-подрезная операция Фрезерная операция Зубофрезерная операция Зубопркатная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Центровально-подрезной п/а 2A923 Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1 Зубофрезерный станок 53A20 Зубопркатной п/а 5965
4	Круглошлифовальная операция Центрошлифовальная операция Зубошлифование	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и абразивная стружка, металлическая пыль); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Круглошлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC Центрошлифовальный станок с ЧПУ ZS 2000

## 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного

производственного фактора.

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования; передвижающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования, защитный экран	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие (СОЖ)	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, защитный экран	Респиратор, перчатки
6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания	Беруши, наушники

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

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной про-

дукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

#### 4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- 6) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Кузнечный участок	КГШП	Пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D)	Пламя и искры; тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок механической обработки	2A923 RAIS T500 6P11MФ3-1 53A20 5965 КШ-3CNC ZS 2000	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

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

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

#### 4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Фрезерная операция Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в запрещенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимом данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

4.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	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.)
Фрезерование	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1	Пыль стальная, стружка	Взвешенные вещества, нефтепродукты	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью

				1,0 м <sup>3</sup>
--	--	--	--	--------------------

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта согласно нормативных документов.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Фрезерование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

#### 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления вала-шестерни привода загрузочного механизма, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления вала-шестерни привода загрузочного механизма, 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 техни-

ческого 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

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в работе технических решений.

Для выполнения данного раздела, будем использовать описанные условия и рассчитанные параметры технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня привода загрузочного механизма». Особый интерес из этой информации для экономической эффективности работы представляют изменения, а точнее отличия между сравниваемыми вариантами. Поэтому считаем необходимым указать только эти изменения, которые, в конечном счете, и позволят сделать вывод о целесообразности описанных изменений. Краткое описание сравнений по вариантам представлено в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика вариантов ТП

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p>Операция 050 – Зубошевенговальная</p> <p>Чистовая обработка зубьев шестерни производится шевенгованием.</p> <p><u>Оборудование</u> – зубошевенговальный станок, модель 5701.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон поводковый с центром; центр упорный.</p> <p><u>Инструмент</u> – шеввер зубчатый Ø180 мм, Р6М5.</p>	<p>Операция 050 – Зубопркатная</p> <p>Чистовая обработка зубьев шестерни производится холодной прикаткой.</p> <p><u>Оборудование</u> – зубопркатной п/а, модель 5965.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон поводковый с центром; центр упорный.</p> <p><u>Инструмент</u> – прикатник зубчатый модифицированный специальный Ø310,58 мм, Р6М5К5.</p>
<p>Масса детали М = 6,0 кг.</p> <p>Масса заготовки (штамповка) Мз = 8,2 кг</p> <p>Материал – сталь 20Х ГОСТ 4543-71</p>	
<p>Тип производства – среднесерийный</p> <p>Условия труда – нормальные.</p> <p>Форма оплата труда – повременно-премиальная.</p>	

Кроме представленных сравнительных параметров, для экономического обоснования нам понадобятся программа выпуска и трудоемкость выполнения операций, которые представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Краткое описание дополнительных исходных данных для экономического обоснования по сравниваемым вариантам

№	Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Базовый	Проектный
1	Годовая программа выпуска	$P_G, \text{шт.}$	15000	15000
2	Норма штучного времени, в том числе и машинное время	$T_{\text{шт}}, \text{мин.}$	2,313	1,222
		$T_{\text{маш}}, \text{мин.}$	1,382	0,5

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность их внедрения, для этого, применяя методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [10], последовательно определим: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

Все экономические значения для проведения необходимых расчетов были получены на кафедре «Управление инновациями и маркетинг» от консультанта раздела.

Далее, применения программного обеспечение Microsoft Excel и имеющиеся данные, были получены следующие значения:

- капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие приобретение нового оборудования, замену оснастки и инструмента, затраты на проектирование и многое другое, которые составляют  $K_{\text{ВВ.ПР}} = 428221,49$  руб. Они учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

- полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по вариантам:  $C_{\text{ПОЛН(БАЗ)}} = 30,51$  руб.,  $C_{\text{ПОЛН(ПР)}} = 16,53$  руб. Представленные значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию, ни матери-

ал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [10] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$\Pi_{\text{р.о.ж}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{пол(аз)}} - C_{\text{пол(пр)}}) \cdot \Pi_{\text{г}} \quad (5.1)$$

$$\Pi_{\text{р.о.ж}} = \Xi_{\text{уг}} = (0,51 - 16,53) \cdot 15000 = 209700 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{приб}} = \Pi_{\text{р.о.ж}} \cdot K_{\text{нал}} \quad (5.2)$$

$$H_{\text{приб}} = 209700 \cdot 0,2 = 41940 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{р.чист}} = \Pi_{\text{р.о.ж}} - H_{\text{приб}} \quad (5.3)$$

$$\Pi_{\text{р.чист}} = 209700 - 41940 = 167760 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{K_{\text{вв.пр}}}{\Pi_{\text{р.чист}}} + 1, \quad (5.4)$$

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{428221,49}{167760} + 1 = 3,553 = 4 \text{ года}$$

$$D_{\text{диск.общ}} = \Pi_{\text{р.чист.диск}}(T) = \sum_1^T \Pi_{\text{р.чист}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (5.5)$$

$$D_{\text{диск.общ}} = \Pi_{\text{р.чист.диск}}(T) = 167760 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} + \frac{1}{(1+0,15)^4} \right) = 479122,56 \text{ руб.}$$

$$\Xi_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ.диск}} - K_{\text{вв.пр}} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 479122,56 - 428221,49 = 50901,07 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{ОБЩ,ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \quad (5.7)$$

$$\text{ИД} = \frac{479122,56}{428221,49} = 1,12 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операциям 050 технологического процесса изготовления детали «Вал-шестерня привода загрузочного механизма». В результате чего предприятие имеет возможность получить дополнительную прибыль от снижения себестоимости, в размере 167760 руб., а также достичь экономического эффекта положительной величины – 50901,07 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы предложены следующие пути совершенствования техпроцесса:

- разработан новый технологический процесс изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
- разработана заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки с припусками, рассчитанными аналитическим методом;
- применено высокопроизводительное оборудование - станки с ЧПУ, автоматы и полуавтоматы;
- применена высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом;
- применен высокопроизводительный инструмент с износостойкими покрытиями;
- замена шевингования на прикатку позволяет улучшить точность зубьев после термообработки (изменение погрешностей в процессе термообработки деталей шевингованных с 9,2 до 16,2 мкм, прикатанных с 9,0 до 10,1 мкм), шероховатость ( $R_a = 1,25$  мкм в базовом варианте,  $R_a = 0,63$  мкм в проектном) и шумовые характеристики;
- для снятия заусенцев применен электрохимический метод на станке 4407
- спроектирован патрон поводковый с центром, оснащенный пневмоприводом, для токарной операции;
- спроектировано приспособление для контроля радиального биения с высокоточным электронным индикатором Mitutoyo;

Изменения, внесенные в техпроцесс изготовления детали позволили достичь основных целей работы, обеспечить заданный объем выпуска деталей, снизить себестоимость ее изготовления и повысить качество изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект при сравнении вариантов техпроцесса составит 50901,07 рубля.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2000, 68 с.
- 8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2008, 46 с..
- 11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 151001 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТТК, 2008. - 75 с.
- 12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техниках: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.

15 Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев [и др.], под общ. ред. И.А. Ординарцева –Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. – 846 с.

16 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

17 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

18 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

19 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

20 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта технологического процесса















**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**Операционные карты**















## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация к чертежу станочного приспособления

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.TM.555.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	16.07.TM.555.60.100	Муфта	1	
				<u>Детали</u>		
		2	16.07.TM.555.60.002	Винт	1	
		3	16.07.TM.555.60.003	Втулка	3	
		4	16.07.TM.555.60.004	Втулка	1	
		5	16.07.TM.555.60.005	Демпфер	2	
		6	16.07.TM.555.60.006	Кольцо	1	
		7	16.07.TM.555.60.007	Кольцо	1	
		8	16.07.TM.555.60.008	Корпус патрона	1	
		9	16.07.TM.555.60.009	Корпус	1	
		10	16.07.TM.555.60.010	Крышка	1	
		11	16.07.TM.555.60.011	Кулачок	3	
		12	16.07.TM.555.60.012	Ось	3	
		13	16.07.TM.555.60.013	Подкулачник	3	
		14	16.07.TM.555.60.014	Поршень	1	
		15	16.07.TM.555.60.015	Рычаг	1	
				16.07.TM.555.60.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Алмазаев			Патрон поводковый	Лит.    Лист    Листов                                                                   
Пров.		Бобровский				
Н. Контр.		Виткалов				
Утв.		Бобровский				
						ТГУ, гр. ТМбз-1131

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		16	16.07.TM.555.60.016	Тяга	1	
		17	16.07.TM.555.60.017	Фланец	1	
		18	16.07.TM.555.60.018	Центр	1	
		19	16.07.TM.555.60.019	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		20		Болт М10-6gx35.66.029		
				ГОСТ 7805-70	6	
				Винты ГОСТ 11738-72		
		21		M8x18.88	3	
		22		M10x22.88	6	
		23		M10x28.88	6	
		24		M12x45.88	3	
		25		Винт М10x23.48		
				ГОСТ 1477-75	3	
		26		Винт М10x16.48		
				ГОСТ 1478-75	3	
		27		Гайка М38.6.05		
				ГОСТ 6393-73	1	
		28		Гайка М16x1,5-6Н.5.029		
				ГОСТ 5927-70	2	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		29		120-180-46-2-4	1	
		30		180-230-46-2-4	1	
		31		300-400-56-2-4	1	
		32		320-420-56-2-4	2	
		33		2000-1950-46-2-4	1	
		34		2000-1900-56-2-4	2	



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация к чертежу контрольного приспособления

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.TM.555.61.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	16.07.TM.555.61.100	Индикатор	1	
		2	16.07.TM.555.61.200	Центр	1	
				<u>Детали</u>		
		3	16.07.TM.555.61.003	Корпус	1	
		4	16.07.TM.555.61.004	Основание	1	
		5	16.07.TM.555.61.005	Плита	1	
		6	16.07.TM.555.61.006	Стойка	1	
		7	16.07.TM.555.61.007	Табличка	1	
		8	16.07.TM.555.61.008	Центр	1	
		9	16.07.TM.555.61.009	Штифт	1	
		10	16.07.TM.555.61.010	Шпонка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		11		Винт М5х10.58		
				ГОСТ 17473-80	2	
			16.07.TM.555.61.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Алмазаев			Лит.	Лист
Пров.		Бобровский				Листов
						1 2
Н. Контр.		Витзалов			ТГУ, гр. ТМ6з-1131	
Утв.		Бобровский				
Приспособление контрольное						

