



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 Елашев Дмитрий Анатольевич гр. ТМбз-1132

1. Тема Технологический процесс изготовления ступицы ходового колеса крановой тележки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 4000 шт в год; режим работы участка – 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 приспособления и режущего инструмента*

*4) Безопасность и экологичность технического объекта*

*5) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список использованных источников*

*Приложения: технологическая документация*

## АННОТАЦИЯ

Елашев Д.А. Технологический процесс изготовления ступицы ходового колеса крановой тележки. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

Выпускная квалификационная работа состоит из пяти основных разделов. В первом разделе производится описание исходных данных, на основании которых ставятся задачи работы. Во втором разделе определяется тип производства и на основании его производится ряд мероприятий направленных на разработку технологического процесса изготовления ступицы. В третьем разделе производится проектирование приспособления и режущего инструмента. В четвертом разделе производится анализ безопасности и экологичности технического объекта. В пятом разделе рассчитывается экономическая эффективность данной работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель работы.....	6
1 Описание исходных данных.....	7
1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали.....	7
1.2 Описание технологичности детали.....	7
1.3 Задачи работы.....	10
2 Технологическая часть работы.....	11
2.1 Определение типа и характеристик производства.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	14
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	16
2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления.....	20
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	21
2.7 Проектирование технологических операций.....	24
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	27
3.1 Проектирование приспособления .....	27
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	34
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	44
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	47
5 Экономическая эффективность работы.....	49

Заключение.....	54
Список использованных источников.....	55
Приложения.....	58

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Осуществление погрузочно-разгрузочных работ наиболее эффективно с применением мостовых кранов. Это объясняется их большой грузоподъемностью, относительной дешевизной и простотой конструкции. Одним из самых ответственных механизмов кранов является тележка, осуществляющая перемещение грузоподъемного механизма в одной из плоскостей. Рассматриваемая ступица является деталью крановой тележки.

В данной работе ставится цель спроектировать технологический процесс изготовления ступицы ходового колеса крановой тележки, который при минимальных затратах на изготовление обеспечит выпуск деталей заданного качества в необходимых количествах.

## 1 Описание исходных данных

### 1.1 Описание служебного назначения и условий работы детали

Ступица является одной из деталей крановой тележки.

Служебное назначение ступицы заключается в установке на ней ходового колеса. Сама ступица устанавливается на опорном валу на подшипники, посаженные на внутренние шейки, которые с одной стороны закрываются крышкой.

При работе ступица контактирует с внешней средой, поэтому условия ее работы сильно зависят от внешней среды. Возможно воздействие коррозии, низких и высоких температур. При этом эксплуатационные нагрузки могут быть значительными и носят циклический характер.

### 1.2 Описание технологичности детали

Согласно рекомендаций [1] для выявления возможных недостатков конструкции детали и возможных трудностей при ее изготовлении проводится анализ технологичности материала, заготовки, конструкции, обработки и базирования детали.

Материал детали сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71.

Химический состав и основные физико-механические свойства представлены в таблицах 1.1, 1.2 согласно данных [2].

Таблица 1.1 - Химический состав стали 40ХГНМ

Элемент	C	S	P	Cu	Cr	Mn	Ni	Mo	Si
Содержание %	0,37-0,43	0,035	0,035	0,3	0,6-0,9	0,5-0,8	0,5-0,8	0,15-0,25	0,17-0,37

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 40ХГНМ

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	НВ
550	780	12	40	240-250

Согласно анализу данных [3] заготовку ступицы, исходя из формы, марки материала и габаритов детали, целесообразнее всего получать штамповкой на горизонтально-ковочной машине (ГКМ) или штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

Конструкция ступицы не сложная. Наружный контур имеет конфигурацию в виде ступеней. Внутренний контур состоит из нескольких шеек. Все конструктивные элементы детали стандартные и соответствуют нормальному ряду чисел, поэтому нет необходимости в применении специальных средств технологического оснащения.

Исходя из параметров заготовки и готовой детали, механической обработке подвергаются все поверхности, так как заготовительная операция не обеспечивает необходимых параметров. Изменение параметров поверхностей в сторону их уменьшения тоже невозможно, т.к. это приведет к снижению эксплуатационных характеристик ступицы.

Поверхности с различными параметрами разделены канавками, такое решение облегчает их обработку.

В конструкции ступицы отсутствуют сложные элементы, поэтому для ее обработки могут быть использованы типовые методы обработки.

Базирование заготовки на операциях механической обработки можно производить с применением типовых схем базирования, что упростит реализацию этих схем. При этом следует следить за соблюдением основных принципов базирования. Для этого необходимо провести классификацию поверхностей по их служебному назначению [4].

Эскиз ступицы с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1.1, а систематизация поверхностей в таблице 1.3.



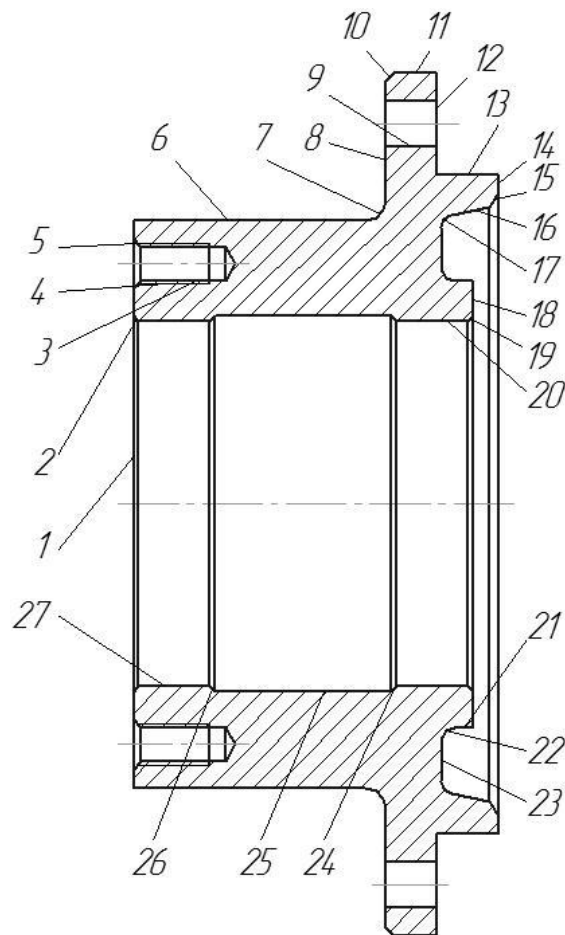


Рисунок 1.1 – Эскиз ступицы

Таблица 1.3 - Систематизация поверхностей ступицы

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	20, 27
Вспомогательная конструкторская база	4, 9
Исполнительная поверхность	12, 13
Свободные поверхности	Все остальные

Из проведенной систематизации видно, что наиболее ответственными поверхностями являются отверстия под подшипники, а также шейка и торец под установку колеса. Обработке именно этих поверхностей следует уделить особое внимание.

Из проведенного анализа можно сделать вывод о достаточно высокой

технологичности ступицы ходового колеса крановой тележки.

### 1.3 Задачи работы

Исходя из описания исходных данных и цели работы, можно сформулировать следующие ее задачи:

1) выбрать метод получения заготовки, определить припуски на обработку и спроектировать заготовку;

2) разработать схемы базирования и маршрут обработки таким образом, чтобы получить необходимое качество детали при минимальном количестве технологических переходов;

3) использовать средства технологического оснащения соответствующие выбранному типу производства и современным достижениям в области механической обработки;

4) спроектировать специальное приспособление и инструмент для наиболее трудоемких операций и тем самым сократить время обработки на данных операциях;

5) рассмотреть вопросы безопасности и экологичности технического объекта;

6) рассчитать экономическую эффективность работы.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Определение типа и характеристик производства

Для определения типа производства на стадии предварительного проектирования можно воспользоваться рекомендациями [1, 5]. Согласно им исходя из годовой программы выпуска детали 4000 штук в год и массы детали равной 4,0 кг тип производства среднесерийный.

Характеристики производства определяются исходя из его типа.

Отметим самые значимые из них:

- форма организации технологического процесса непоточная;
- технология прорабатывается на маршрутно-операционном уровне;
- маршрута обработки проектируется на базе типового;
- определение припусков выполняется по таблицам, за исключением самых точных поверхностей, на которые припуски определяются расчетно-аналитическим методом;
- нормирование выполняется по нормативам;
- средства технологического оснащения используются универсальные.

Более полные характеристики среднесерийного производства представлены в литературе [1, 4, 5].

Дальнейшую разработку технологического процесса будем проводить с учетом этих характеристик производства.

### 2.2 Выбор метода получения заготовки

Как отмечалось ранее в качестве заготовки для ступицы можно применить штамповку на ГКМ или штамповку на КГШП.

Для произведения выбора метода получения заготовки воспользуемся указанной в [3] методикой экономического анализа методов получения заготовок.

Суть метода заключается в сравнении общих затрат на получение детали.

Общие затраты рассчитываются:

$$C_i = C_{3i} + C_{ОБР.i} \quad (2.1)$$

где  $C_i$  – общие затраты;

$C_{3i}$  – затраты на получение заготовки;

$C_{ОБР.i}$  – затраты на обработку;

$i$  – номер варианта получения заготовки.

Примем  $i = 1$  для штамповки на ГКМ,  $i = 2$  для штамповки на КГШП.

Стоимость заготовки:

$$C_{3i} = \frac{Ц_{M.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \quad (2.2)$$

где  $Ц_{M.i}$  – цена за тонну металла;

$M_{3.i}$  – масса заготовки;

$M_{Д.i}$  – масса детали;

$K_{СП}$  – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

$K_{СЛ}$  – коэффициент, учитывающий сложность заготовки.

Масса детали определяется по формуле:

$$M_0 = V \cdot \rho \quad (2.3)$$

где  $V$  – объем детали;

$\rho$  – плотность материала.

$$M_0 = \frac{\pi}{4} [(0,112^2 - 0,072^2) \cdot 0,05 + (0,17^2 - 0,13^2) \cdot 0,01 + (0,13^2 - 0,072^2) \cdot 0,022 - (0,124^2 - 0,088^2) \cdot 0,012] \cdot 7850 = 4,0 \text{ кг.}$$

Ориентировочно масса заготовки определяется по формуле:

$$M_{3i} = M_{\partial} \cdot K_p, \quad (2.4)$$

где  $M_{\partial}$  – масса детали;

$K_p$  – расчетный коэффициент, зависящий от способа штамповки и формы детали.

$M_{31} = 4,0 \cdot 1,6 = 6,37$  кг – масса заготовки полученной на ГКМ.

$M_{32} = 4,0 \cdot 1,7 = 6,8$  кг – масса заготовки полученной на КГШП.

Определим коэффициент использования материала:

$$K_{ИМ.i} = \frac{M_{\partial}}{M_3} \quad (2.5)$$

$$K_{ИМ1} = \frac{4,0}{6,37} = 0,63.$$

$$K_{ИМ2} = \frac{4,0}{6,8} = 0,59.$$

Стоимость заготовки для каждого метода:

$$C_{31} = \frac{38000 \cdot 6,37 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 261,42 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{38000 \cdot 6,8 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 302,33 \text{ руб.}$$

Затраты на механическую обработку:

$$C_{ОБР.i} = \frac{C_{вд} \left( \frac{1}{K_{ИМ.i}} - 1 \right) M_{\partial}}{K_o} \quad (2.6)$$

где  $C_{вд}$  – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала.

$$C_{ОБР1} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,63} - 1 \right) \cdot 4,0}{0,85} = 110,55 \text{ руб.}$$

$$C_{ОБР2} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,59} - 1 \right) \cdot 4,0}{0,85} = 130,81 \text{ руб.}$$

Тогда суммарные затраты для каждого метода равны:

$$C_1 = 261,42 + 110,55 = 371,97 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 302,33 + 130,81 = 433,14 \text{ руб.}$$

Исходя из минимума затрат в качестве метода получения заготовки выбираем штамповку на ГКМ.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей должны обеспечивать минимум затрат на обработку при достижении заданной точности.

Данная задача является многовариантной и зависит от заданных качеств точности и шероховатости поверхностей. Как правило, достижение одинаковых параметров, возможно различными методами обработки. При разных условиях наиболее экономически целесообразны различные методы. Поэтому их выбор производят согласно коэффициента удельных затрат. Для этого воспользуемся рекомендациями [6].

Все методы представим в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость	Маршрут обработки
1	2	3	4	5
1	П	10	1,6	Т-Тч-ТО-Ш
2	КВ	12	12,5	Тч-ТО
3	ЦВ	12	12,5	С-ТО
4	Р	12	12,5	Рн-ТО

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
5	КВ	12	12,5	С-ТО
6	Ц	12	12,5	Т-ТО
7	Ц	12	12,5	Т-ТО
8	П	12	12,5	Т-ТО
9	ЦВ	12	12,5	С-ТО
10	К	12	12,5	Тч-ТО
11	П	12	12,5	Т-ТО
12	П	10	6,3	Т-Тч-ТО
13	Ц	8	2,5	Т-Тч-ТО-Ш
14	П	10	1,6	Т-Тч-ТО-Ш
15	КВ	12	12,5	Тч-ТО
16	ЦВ	12	12,5	Т-ТО
17	ЦВ	12	12,5	Т-ТО
18	ПВ	12	12,5	Т-ТО
19	КВ	12	12,5	Тч-ТО
20	ЦВ	7	0,8	Т-Тч-ТО-Ш- Шч
21	ЦВ	12	12,5	Т-ТО
22	ЦВ	12	12,5	Т-ТО
23	ПВ	12	12,5	Т-ТО
24	КВ	12	12,5	Тч-ТО
25	ЦВ	12	12,5	Т-ТО
26	КВ	12	12,5	Тч-ТО
27	ЦВ	7	0,8	Т-Тч-ТО-Ш- Шч

Обозначения в таблице для поверхностей: П – плоская поверхность; ПВ –

плоская внутренняя поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; К – коническая поверхность; КВ – коническая внутренняя поверхность.

Обозначения в таблице для методов обработки: Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; С – сверление; ТО – термическая обработка.

#### 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Как отмечалось ранее припуски и операционные размеры для обработки самых точных поверхностей определяем расчетно-аналитическим методом [7]. В данном случае самые точные поверхности это шейки под подшипники 20, 27 с размером  $\varnothing 72H7(+0,03)$ .

Минимальное значение припуска:

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.7)$$

где  $i$  - индекс данного перехода;

$i-1$  - индекс предыдущего перехода;

$i+1$  - индекс последующего перехода;

$a$  - суммарная величина дефектного слоя;

$\Delta$  - суммарное отклонение формы и расположения поверхностей;

$\varepsilon$  - погрешность установки заготовки в приспособлении.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{1,0^2 + 0,025^2} = 1,3$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,1^2 + 0,025^2} = 0,763$$

$$Z_{3\min} = a_{ТО} + \sqrt{\Delta_{ТО}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,04^2 + 0,02^2} = 0,295$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,09 + \sqrt{0,016^2 + 0,02^2} = 0,155$$

Максимальное значение припуска:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i) \quad (2.8)$$



$$\begin{aligned}
Z_{1\max} &= Z_{1\min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 1,3 + 0,5 \cdot (2,8 + 0,30) = 2,85 \\
Z_{2\max} &= Z_{2\min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,43 + 0,10) = 1,028 \\
Z_{3\max} &= Z_{3\min} + 0,5 \cdot (TD_{TO} + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,039) = 0,405 \\
Z_{4\max} &= Z_{4\min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,155 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,025) = 0,187
\end{aligned}$$

Среднее значение припуска:

$$Z_{cpi} = (Z_{i\max} + Z_{i\min}) / 2 \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned}
Z_{cp1} &= (Z_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (1,3 + 2,85) / 2 = 2,075 \\
Z_{cp2} &= (Z_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (0,763 + 1,028) / 2 = 0,896 \\
Z_{cp3} &= (Z_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (0,295 + 0,405) / 2 = 0,35 \\
Z_{cp4} &= (Z_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (0,155 + 0,187) / 2 = 0,171
\end{aligned}$$

Минимальный и максимальный диаметры:

$$D_{(i-1)\min} = D_{i\min} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.10)$$

$$D_{(i-1)\max} = D_{(i-1)\min} - TD_{i-1} \quad (2.11)$$

Для термообработки нужно учесть изменение размеров при переходе аустенита в мартенсит:

$$D_{(TO-1)\min} = D_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned}
D_{4\min} &= 72,000 \\
D_{4\max} &= 72,030 \\
D_{3\max} &= D_{4\max} - 2 \cdot Z_{4\min} = 72,03 - 2 \cdot 0,187 = 71,656 \\
D_{3\min} &= D_{3\max} - TD_3 = 71,656 - 0,1 = 71,556 \\
D_{TO\max} &= D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 71,656 - 2 \cdot 0,405 = 70,647 \\
D_{TO\min} &= D_{TO\max} - TD_{TO} = 70,647 - 0,18 = 70,476 \\
D_{2\max} &= D_{TO\max} \cdot 0,999 = 70,476 \times 0,999 = 70,394 \\
D_{2\min} &= D_{2\max} - TD_2 = 70,394 - 0,1 = 70,294
\end{aligned}$$

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 70,394 - 2 \cdot 1,028 = 68,338$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 68,338 - 0,3 = 68,038$$

$$D_{0\max} = D_{1\max} - 2 \times Z_{1\min} = 68,338 - 2 \cdot 2,85 = 62,638$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 62,638 - 2,8 = 59,838$$

Средние диаметры:

$$D_{icc} = (D_{i\max} + D_{i\min}) / 2 \quad (2.13)$$

$$D_{cp0} = (D_{0\max} + D_{0\min}) / 2 = (62,638 + 59,838) / 2 = 61,238$$

$$D_{cp1} = (D_{1\max} + D_{1\min}) / 2 = (68,338 + 68,038) / 2 = 68,188$$

$$D_{cp2} = (D_{2\max} + D_{2\min}) / 2 = (70,394 + 70,294) / 2 = 70,344$$

$$D_{cpTO} = (D_{TO\max} + D_{TO\min}) / 2 = (70,647 + 70,476) / 2 = 70,562$$

$$D_{cp3} = (D_{3\max} + D_{3\min}) / 2 = (71,656 + 71,556) / 2 = 71,606$$

$$D_{cp4} = (D_{4\max} + D_{4\min}) / 2 = (72,03 + 72,00) / 2 = 72,015$$

Общие припуски на обработку:

$$2Z_{\min} = D_{3\min} - D_{0\max} \quad (2.14)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_3 \quad (2.15)$$

$$2Z_{cp} = (2Z_{\min} + 2Z_{\max}) / 2 \quad (2.16)$$

$$2Z_{\min} = 72,000 - 62,638 = 9,362$$

$$2Z_{\max} = 9,362 + 2,8 + 0,03 = 12,192$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (9,362 + 12,192) = 10,777$$

Припуски на обработку остальных поверхностей определяем при помощи табличного метода [8].

Суть метода состоит в том, что минимальный припуск определяется по таблицам, а максимальный рассчитывается по формуле 2.8.

Результаты заносим в таблицу 2.2

Таблица 2.2 - Припуски на обработку поверхностей

№ пов.	Наименование перехода	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\text{cp}}$
1	Точение черновое	1,8	3,35	2,575
	Точение чистовое	0,8	1,01	0,905
	Шлифование	0,4	0,52	0,46
6	Точение черновое	2,3	4,075	3,188
7	Точение черновое	2,2	3,555	2,878
8	Точение черновое	2,2	3,555	2,878
11	Точение черновое	2,8	4,8	3,8
12	Точение черновое	2,2	3,6	2,9
	Точение чистовое	1,0	1,21	1,105
13	Точение черновое	2,8	4,6	3,7
	Точение чистовое	0,3	0,58	0,44
	Шлифование	0,1	0,211	0,156
14	Точение черновое	2,2	3,75	2,975
	Точение чистовое	1,0	1,21	1,105
	Шлифование	0,5	0,62	0,56
16	Точение черновое	2,3	4,1	3,2
17	Точение черновое	1,8	3,7	2,75
21	Точение черновое	2,3	3,875	3,088
22	Точение черновое	1,8	3,2	2,5
23	Точение черновое	1,8	3,2	2,5

После определения припусков проводим проектирование заготовки. Для этого используем методику [8].

Определяем параметры заготовки: группа стали - М2; класс точности - Т4; степень сложности заготовки - С3; исходный индекс - И14; штамповочные уклоны внешние - 5°, внутренние - 7°; радиусы закруглений 4 мм; допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм; смещение по поверхности разъема

штампа 1,0 мм; концентричность 1,2 мм; плоскостность 1,2 мм.

Заготовка представлена на листе графической части работы.

## 2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления

Разработка технологического маршрута ведется на основе типовых маршрутов обработки данного класса [4, 5, 9]. При этом следует учесть, что имеются точные поверхности, окончательную обработку которых нужно отнести на конец технологического процесса.

При разработке и оформлении маршрута обработки воспользуемся рекомендациями [6].

Маршрут обработки представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Технологический маршрут обработки ступицы

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	Точение	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22	005	Токарная
2	Точение	1, 6, 7, 8	010	Токарная
3	Сверление	3, 4, 5, 9	015	Сверлильная
4	Точение	12, 13, 14, 19	020	Токарная
5	Точение	1, 2, 10, 20, 23, 24, 25, 26	025	Токарная
6	ТО	все	030	Термическая
7	Шлифование	1, 14	035	Плоскошлифовальная
8	Шлифование	20, 23	040	Внутришлифовальная
9	Шлифование	13	045	Круглошлифовальная
10	Шлифование	20, 23	050	Внутришлифовальная
11	Мойка	все	055	Моечная
12	Контроль	все	060	Контрольная

План обработки детали представляет собой графическое изображение маршрута обработки с указанием на каждой операции типа оборудования, схемы базирования, операционных размеров и технологических требований. Формируется в соответствии с рекомендациями [6].

План изготовления представлен на листах графической части работы.

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения заключается в выборе для каждой операции таких оборудования, режущих инструментов и средств контроля, которые обеспечили бы заданный выпуск деталей заданного качества с минимальными затратами. Проводим согласно данных [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Полученные данные заносим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Выбор средств технологического оснащения

№ оп.	Наименование	Оборудование	Оснастка		
			Режущий инструмент	Средства контроля	Приспособления
1	2	3	4	5	6
005	Токарная	Токарный с ЧПУ HAAS GT10	Резец расточной TNMX 16 04 08-WMX «Sandvik», резец контурный специальный TNMG 16 04 08-PR «Sandvik»	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	Патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
010	Токарная	Токарный с ЧПУ HAAS	Резец контурный	Штангенциркуль ШЦ-1	Патрон трехкулач-

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
		GT10	специальный TNMG 16 04 08-PR «Sandvik»	ГОСТ166- 89, нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	ковый ГОСТ2435 1-80
015	Сверлильная	Вертикаль- ный обрабатываю- щий центр HAAS VF 1	Сверло спиральное R840-0900- 30-A0A "Sandvik" Сверло спиральное R841-0685- 30-A1A GC1220 "Sandvik" Метчик 326R06- B15050VM- TH GC1025 "Sandvik"	Калибр, нутромер НМ-15 ГОСТ10-88	Оправка цанговая специаль- ная
020	Токарная	Токарный с ЧПУ HAAS GT10	Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF "Sandvik" Резец токарный	Штангенцир- куль ШЦ-1 ГОСТ 166- 89, микрометр МК-150 ГОСТ 6507- 90	Оправка цанговая специаль- ная

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
			расточной TNMX 16 04 04-WF "Sandvik"		
025	Токарная	Токарный с ЧПУ HAAS GT10	Резец токарный контурный TNMX 16 04 04-WF "Sandvik" Резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF "Sandvik"	Штангенцир куль ШЦ-1 ГОСТ 166- 89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88	Патрон трехкулач- ковый ГОСТ 24351-80
030	Термическая				
035	Плоско- шлифоваль- ная	Плоско- шлифоваль- ный 3E711B1	Круг шлифовальн ый 1 – 500x40x127 23A46K5V	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75	Магнитный стол
040	Внутри- шлифоваль- ная	Внутри- шлифоваль- ный 3K227B	Круг шлифоваль- ный 1- 32x40x10 23A60K7V 30м/с1А	Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	Патрон цанговый специаль- ный

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
			ГОСТ52781-2007		
045	Кругло-шлифовальная	Кругло-шлифовальный 3M174E	Круг шлифовальный тип 1-300x16x127 23A46M6V ГОСТР52781-2007	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75	Оправка цанговая специальная
050	Внутри-шлифовальная	Внутри-шлифовальный 3K227B	Круг шлифовальный 1-32x40x10 24A50K6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88	Патрон цанговый специальный
055	Моечная				
060	Контрольная				

## 2.7 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций заключается в определение соответствующих режимов резания для операций технологического процесса и их нормировании.

Режимы резания на операции с использованием инструмента фирмы «Sandvik» будем назначать по рекомендациям [13].

Режимы резания на остальные операции назначаем по рекомендациям [16, 17, 18].



Скорость резания определяется по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.17)$$

где  $V_T$  – табличное значение скорости резания;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

$K_3$  – коэффициент, зависящий от вида обработки при точении, от размеров обработки при фрезеровании, от отношения длины к диаметру при сверлении.

Частота определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.18)$$

где:  $D$  – обрабатываемый диаметр или диаметр режущего инструмента.

Нормирование производится в зависимости от вида обработки по рекомендациям [19].

Результаты вычислений оформим в виде таблицы 2.5.

Таблица 2.5 - Режимы резания и нормы времени

Номер операции	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания м/мин	Частота вращения шпинделя об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
1	2	3	4	5	6	7
005	1	0,45	500	900	0,30	0,46
	2	0,45	400	1100		
010	1	0,45	500	900	0,26	0,42
015	1	0,2	80	2800	0,77	1,15

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7
	2	0,15	78	3600		
	3	1,0	82	5200		
020	1	0,2	600	1150	0,18	0,34
	2	0,2	450	2000		
025	1	0,2	600	1500	0,32	0,48
	2	0,2	450	2000		
035	1	0,015	10		2,14	2,48
040	1	0,25	35	130	1,19	1,48
045	1	0,008	35	130	0,58	0,76
050	1	0,10	35	130	1,23	1,51

### 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

#### 3.1 Проектирование приспособления

Для обеспечения принятой схемы базирования и надежного закрепления детали на шлифовальной операции необходимо разработать соответствующее приспособление. Операционный эскиз представлен на рисунке 3.1. Проектирование проводим по методике [20] и справочным данным [21, 22].

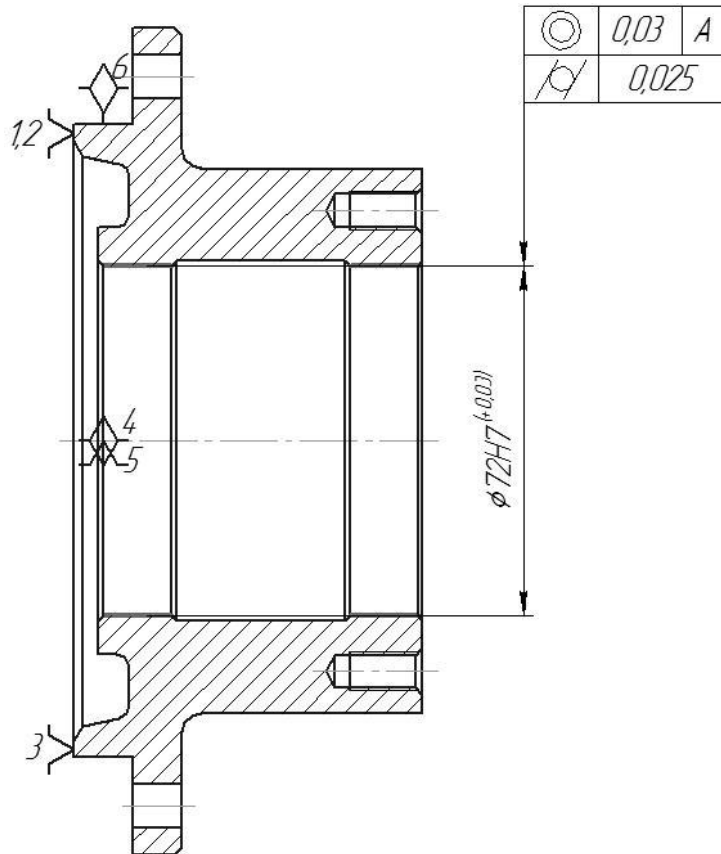


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

Расчет сил резания проводим согласно методике и справочных данных [11].

Эффективная мощность резания:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (3.1)$$

где  $d$  – диаметр шлифования;

$v_3$  – скорость заготовки;

$b$  – ширина шлифования;

$s$  – продольная подача;

$C_N, r, y, z, q$  – поправочные коэффициенты и показатели степени.

$$N = 0,14 \cdot 30^{0,8} \cdot 0,10^{0,8} \cdot 72^{0,2} \cdot 40^{1,0} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Составляющая силы резания  $P_Z$  :

$$P_Z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} K_{PZ} \quad (3.2)$$

где  $K_{PZ}$ , - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

Сила резания  $P_Y$  определяется по формуле:

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_Z \cdot K_{PY}, \quad (3.3)$$

где  $K_{PY}$  - коэффициенты, учитывающий фактические условия обработки.

Тогда:

$$P_Z = \frac{2,7 \cdot 102 \cdot 60}{21} 1,25 = 983 \text{ Н.}$$

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 983 \cdot 1,25 = 2212 \text{ Н.}$$

На рисунке 3.2 представлена схема закрепления заготовки.

Сила  $P_Z$  стремится повернуть заготовку вокруг оси. Исходя из схемы рассчитаем момент резания от силы  $P_Z$ :

$$M_{PZ} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2} \quad (3.4)$$

где  $d_o$  – диаметр обрабатываемого отверстия.

Момент от силы зажима:

$$M_{3PZ} = \frac{3Wf \cdot d_3}{2} \quad (3.5)$$

где  $W$  - сила зажима;

$f$  – коэффициент трения;

$d_3$  – зажимаемый диаметр заготовки.

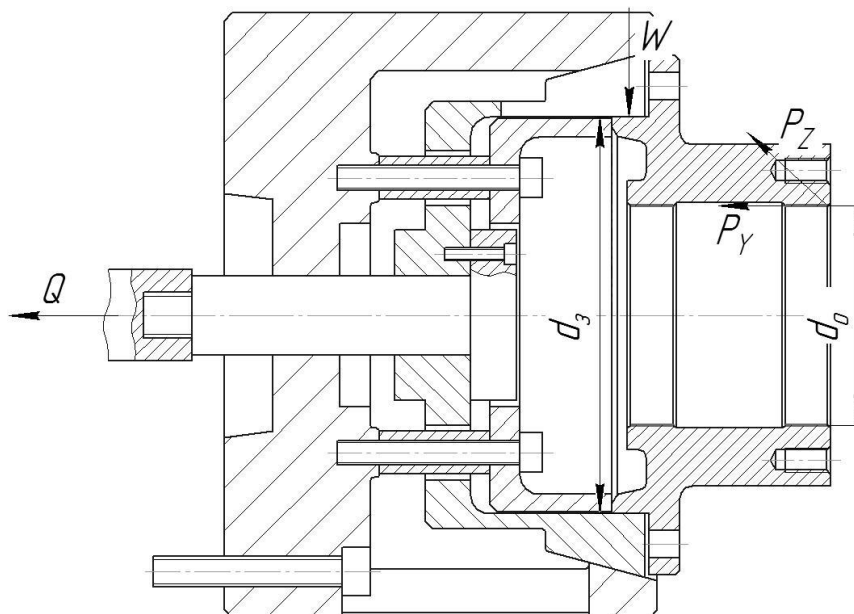


Рисунок 3.2 - Схема закрепления заготовки

Из равенства моментов  $M_{Pz}$  и  $M_{3pz}$  определяем необходимое усилие зажима:

$$W = \frac{KP_z \cdot d_0}{3fd_3} \quad (3.6)$$

где  $K$  - коэффициента запаса, зависящий от конкретных условий обработки.

Подставляя данные, получим:

$$W = \frac{2,5 \cdot 983 \cdot 72}{3 \cdot 0,2 \cdot 130} = 2268 \text{ Н.}$$

Усилие, создаваемое силовым приводом:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (3.7)$$

где  $\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности цанги;

$\varphi$  – угол трения на наклонной поверхности цанги.

$$Q = 2268 \cdot \operatorname{tg}(15 + 6,5) = 893 \text{ Н.}$$

Для создания исходного усилия необходимо рассчитать диаметр поршня по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2} \quad (3.8)$$

где  $P$  - давление рабочей среды;

$d$  – диаметр штока.

Для пневмоцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 893}{0,4} + 40^2} = 112 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр поршня 120 мм.

Погрешность установки определяется по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ПП}^2} \quad (3.10)$$

где  $\varepsilon_B$  - погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления;

$\varepsilon_{ПП}$  - погрешность элементов приспособления.

На рисунке 3.3 представлена схема погрешностей элементов приспособления.

Из схемы определяем:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_\Delta}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2)} \quad (3.11)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность, возникающая вследствие неперпендикулярности выходному концу привода;

$\Delta_2$  - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжении;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления размера.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{(0,01^2 + 0,006^2 + 0,012^2)} = 0,008 \text{ мм.}$$

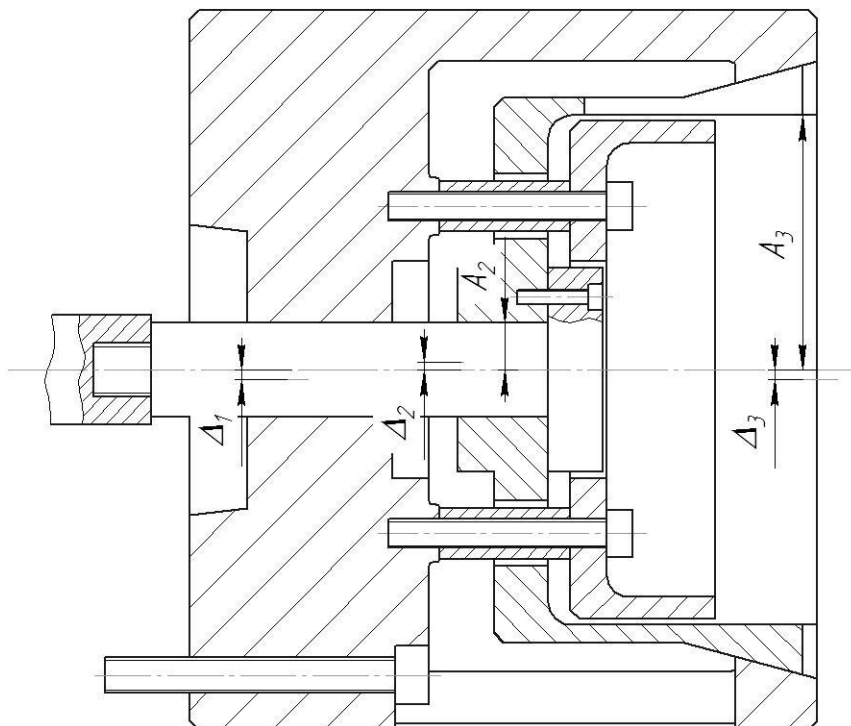


Рисунок 3.3 - Схема погрешностей

Допускаемая погрешность приспособления составляет

$$\varepsilon_y^{don} = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм.}$$

Условие  $\varepsilon_y \leq \varepsilon_y^{don}$  выполняется.

Патрон удовлетворяет заданной точности.

Данное приспособление состоит из опоры 5 и цанги 4, которая устанавливается в корпусе цанги 1. Для зажима цанги служит тяга 2, которая через шток 15 связана с пневмоцилиндром. Внутри пневмоцилиндра располагается поршень 14. Для подачи воздуха к пневмоцилиндру проведены отверстия, находящиеся в муфте 11.

Приспособление работает следующим образом.

После установки заготовки на опору в разжатую цангу воздух подается в правую полость пневмоцилиндра. Поршень, передвигаясь влево через тягу

перемещает цангу вниз по конической поверхности корпуса цанги, в результате чего лепестки цанги сжимаются, происходит центрирование и закрепление заготовки. При подаче воздуха в левую полость пневмоцилиндра поршень, шток и тяга возвращаются в исходное положение. Цанга высвобождается, при этом лепестки цанги под действием силы упругости расходятся, происходит раскрепление заготовки.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

На токарных операциях часто возникают проблемы с креплением режущих пластин. Основные недостатки при креплении пластин это недостаточная надежность крепления и сложность замены режущей пластины. Все это приводит к потерям времени и удорожанию токарных операций. С целью решения указанных проблем рассчитаем и спроектируем токарный резец. Расчет режущего инструмента будем производить на операцию токарную черновую по методике изложенной в [23].

Конструируем токарный контурный правый резец с механическим креплением трехгранной пластины из твердого сплава TNMG 16 04 08-PR GC4225 "Sandvic".

Для обеспечения главного угла в плане  $\varphi=91^\circ$  и заданных режимов резания выбираем резец проходной правый с трехгранной пластиной и подкладкой.

Для заданных режимов резания сечение срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S \quad (3.12)$$

где  $t$  – глубина резания;

$S$  – подача.

Получим:

$$F = t \cdot S = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

В соответствии с полученным размером сечения срезаемого слоя



выбираем конструктивные размеры резца. Выбранные размеры указаны на рабочем чертеже резца в графической части работы.

Определим минимально допустимый диаметр штифта крепления пластины:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}} \quad (3.13)$$

где  $Q_1$  - усилие действующее на штифт;

$\sigma_0$  - допустимое напряжение.

Усилие действующее на штифт:

$$Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7} \quad (3.14)$$

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

Тогда получим:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{3,14 \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр штифта 3 мм. Другие размеры крепежных элементов принимаем из конструктивных соображений и опытных данных [24].

Резец состоит из державки 1, в которой установлен расклинивающий винт 2, расклинивающий специально выполненную часть державки и поджимающий режущую пластину 4, находящуюся на опорной пластине 3 к штифту 5. В результате чего и происходит крепление режущей пластины к державке. Преимущество такого способа крепления режущей пластины заключается в его простоте и надежности, при этом значительно экономится время на замену режущих пластин.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

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	Точение	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарный с ЧПУ HAAS GT10	Сталь 40ХГНМ, СОЖ
2	Сверление	Сверлильная операция	Оператор станков с ЧПУ	Вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1	Сталь 40ХГНМ, СОЖ
3	Шлифование	Шлифовальная	Шлифовщик	Плоскошлифовальный 3E711B1 Круглошлифовальный 3M174E Внутришлифовальный 3K227B	Сталь 40ХГНМ, СОЖ

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

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	2	3	4
1	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой	Токарный с ЧПУ HAAS GT10

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
2	Сверлильная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой</p>	<p>Вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1</p>

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	
3	Шлифовальная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой</p>	<p>Плоскошлифовальный 3Е711В1 Круглошлифовальный 3М174Е Внутришлифовальный 3К227В</p>

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
		<p>может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

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	2	3	4
1	Движущиеся машины и механизмы	Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам	Каска

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
		<p>работы; применение ограждений; применение знаков безопасности.</p>	
2	<p>Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки</p>	<p>Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам работы; применение автоматической сигнализации; применение устройств автоматического отключения, торможения; применение ограждений; применение устройств дистанционного управления оборудованием; применение знаков безопасности</p>	<p>Каска, очки защитные</p>
3	<p>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</p>	<p>Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам работы; ограждение</p>	<p>Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием,</p>

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
		оборудования	спецодежда, спецобувь
4	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам работы; наладка оборудования; применение звукоизоляции, звукопоглощения и глушителей	Наушники или вкладыши противошумные
5	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам работы; применение систем защитного заземления, защитного отключения; применение знаков безопасности	Диэлектрический коврик, спецодежда, спецобувь
6	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда; обучения персонала безопасным приемам работы	Спецобувь спецодежда, комбинированные рукавицы перчатки с полимерным



Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
			покрытием
7	Монотонность труда	Соблюдение режима работы и отдыха.	

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	Токарный с ЧПУ HAAS GT10 Вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1 Плоскошлифовальный 3E711B1 Круглошли-	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических установок, производст-

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
		фовальный ЗМ174Е Внутришли- фовальный ЗК227В		продуктов горения и термическо- го разложения; пониженная концентра- ция кислорода; снижение видимости в дыму (задымлен- ных пространст- венных зонах).	венного и инженерно- техничес- кого оборудова- ния; вынос (замыкание) высокого электричес- кого напряжения на токопроводя щие части технологи- ческих установок, оборудова- ния.

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 автоматизации	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, ящики с песком, пожарные кра-ны	Пожарные автомобили, пожарные автоцистерны, пожарные авто-лестницы	Оборудование для автоматического пожаротушения и пенного пожаротушения	Автоматические средства оповещения о пожаре и управления эвакуацией	Напорные рукава, пожарные пеносмесители, рукавные кассеты, рукавные катушки	Огнестойкие накидки, самоспасатели, респираторы, противогазы	Крюки, ломы, багры, топоры, лопаты, универсальный комплект механизированного пожарного инструмен-та	Автоматическая пожарная сигнализация, автоматические, извещатели пожарные

#### 4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению 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
Токарная операция, Токарный с ЧПУ HAAS GT10 Сверлильная операция, Вертикальный обрабатывающий центр HAAS VF 1 Шлифовальная операция Плоскошлифовальный 3E711B1 Круглошлифовальный 3M174E Внутришлифовальный 3K227B	Соблюдение правил эксплуатации и содержания оборудования, проведение инструктажей по пожарной опасности, применение средств автоматического обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволённых местах, соблюдение мер пожарной безопасности, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

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.	Воздействия 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.)
1	2	3	4	5
Токарная	Токарный станок ЧПУ HAAS GT10	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, ветошь
Сверлильная	Вертикальный обрабатывающий центр HAAS	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты	Стружка, ветошь

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
	VF 1		ты, СОЖ	
Шлифовальная	Плоскошлифовальный 3E711B1 Круглошлифовальный 3M174E Внутришлифовальный 3K227B	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, ветошь

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	Токарная операция, Сверлильная операция; Шлифовальная операция
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение центробежного фильтра
Мероприятия по снижению	Применение механических фильтров, отстойников, решеток, флотационных установок, нейтрализации,

Продолжение таблицы 4.8

1	2
негативного антропогенного воздействия на гидросферу	контроль состава сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Переплавка стружки, утилизация ветоши и прочих отходов на мусороперерабатывающих заводах и захоронением на полигонах

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления ступицы ходового колеса крановой тележки, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

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

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

Для выполнения данного раздела, будем использовать описанные условия и рассчитанные параметры технологического процесса изготовления детали «Ступица ходового колеса». 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 техпроцесса

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
Операция 015 – Сверлильная	
<p>Оборудование – сверлильный станок с ЧПУ, модель 21104Н7Ф4.</p> <p>Оснастка – оправка цанговая.</p> <p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сверло Ø9, P6M5;</li> <li>– сверло Ø6, P6M5;</li> <li>– метчик М6, P18.</li> </ul> <p>Стойкость инструментов 10 мин.</p>	<p>Оборудование – обрабатывающий центр с ЧПУ, модель HAASVF-1.</p> <p>Оснастка – оправка цанговая.</p> <p>Инструмент:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сверло R840-0900-30-A0A, GC1220 "Sandvik";</li> <li>– сверло R841-0685-30-A1A, GC1220 "Sandvik";</li> <li>– метчик 326R06-B15050 VM-TH, GC1025.</li> </ul> <p>Стойкость сверл 30 мин., стойкость</p>

Продолжение таблицы 5.1

1	2
	метчика 20 мин.
Операция 050 – Шлифовальная	
Оборудование – внутришлифовальный станок, модель RIG-150. Оснастка – патрон цанговый с ручным зажимом. Инструмент – круг шлифовальный 24A50K6V.	Оборудование – внутришлифовальный станок, модель RIG-150. Оснастка – патрон цанговый механизированный. Инструмент – круг шлифовальный 24A50K6V.
Материал детали – Сталь 40ХГНМ – штамповка	

Кроме представленных сравнительных параметров, для экономического обоснования нам понадобятся программа выпуска (данная заданием) и трудоемкость выполнения описанных 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	$P_G, шт.$	4000	4000
2	Норма штучного времени, в том числе и машинное время	$T_{шт}^{015}, мин.$	1,42	1,15
		$T_{маш}^{015}, мин.$	1,04	0,77
		$T_{шт}^{050}, мин.$	0,57	0,31
		$T_{маш}^{050}, мин.$	0,23	0,23

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность этих предложений, для этого, применяем методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [26] и последовательно определяем: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

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

Далее, применяя программное обеспечение Microsoft Excel и имеющиеся данные, были получены следующие значения:

– капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие изменения по обеим представленным операциям, включающие приобретение нового оборудования для сверлильной операции 015, замену инструмента по той же операции, замену приспособления на шлифовальной операции 050, затраты на проектирование и другие необходимые затраты. Общие капитальные вложения составят  $K_{ВВ.ПР} = 59853,18$  руб., которые учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

– полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по вариантам:  $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 29,12$  руб.,  $C_{ПОЛН(ПР)} = 20,81$  руб. Представленные значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию (Табл. 5.1), ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат. За основу расчетов полной себестоимости была взята технологическая себестоимость, детальная структура которой представлена на рисунке 5.1.

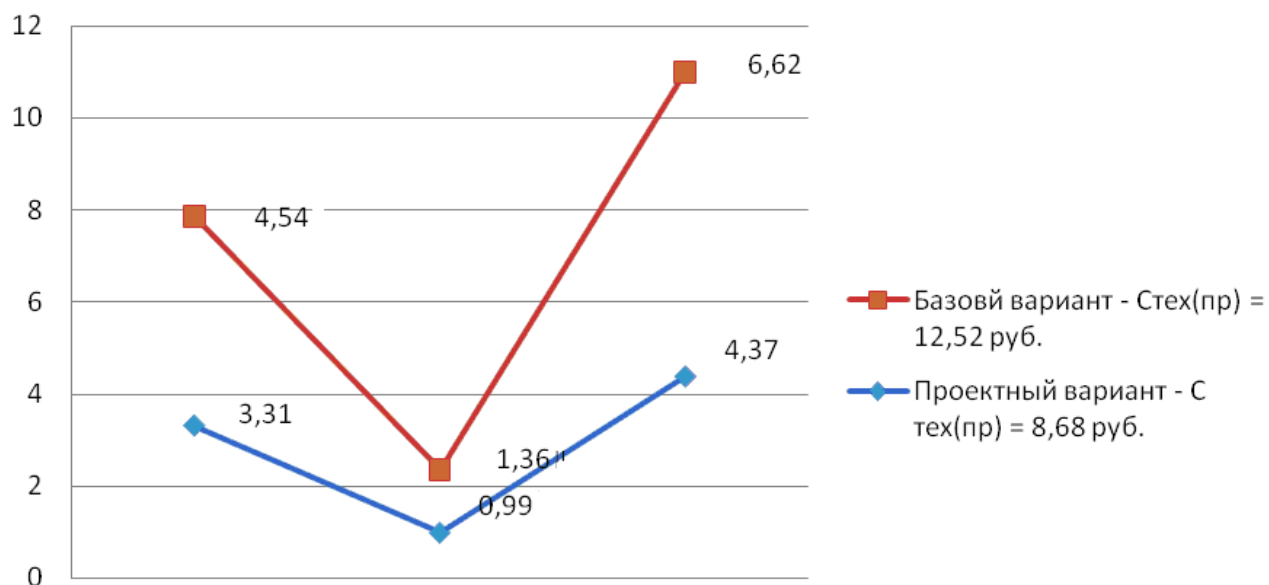


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости выполнения операций 015 (сверильная) и 50 (шлифовальная) по сравниваемым вариантам

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [26] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (C_{Пол(Баз)} - C_{Пол(Пр)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \mathcal{E}_{УГ} = (29,12 - 20,81) \cdot 4000 = 33240 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (5.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 33240 \cdot 0,2 = 6648 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (5.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 33240 - 6648 = 26592 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{П_{Р.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (5.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{59853,18}{26592} + 1 = 3,25 = 4 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = П_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T П_{Р.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (5.5)$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = П_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 26592 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} + \frac{1}{(1+0,2)^4} \right) =$$

$$= 68820,1 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} \text{ руб.} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = 68820,1 - 59853,18 = 8966,92 \text{ руб.}$$

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

$$ИД = \frac{68820,1}{59853,18} = 1,17 \text{ руб./руб.}$$

Анализируя полученные данные в ходе проведенных расчетов, можно сказать, что проект считается эффективным, так как интегральный экономический эффект составит 8966,92 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели работы сформулированной во введении был проведен ряд мероприятий, которые позволили получить эффективный технологический процесс изготовления ступицы ходового колеса крановой тележки, соответствующий типу производства.

При этом был спроектирован патрон для шлифовальной операции, который позволил реализовать схему базирования заготовки на данной операции и механизировать процесс зажима заготовки. Это позволило сократить вспомогательное время для выполнения данной операции.

Для токарной операции спроектирован резец с усовершенствованной системой крепления режущей пластины, что позволило увеличить надежность крепления.

Эффективность принятых решений подтверждена соответствующими экономическими расчетами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
2. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
3. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
4. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
5. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
6. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
8. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

9. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

10. Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

12. [www.int.haascnc.com](http://www.int.haascnc.com)

13. [www.sandvik-coromant.ru](http://www.sandvik-coromant.ru)

14. Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраимова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

15. Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

16. Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ



; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

20.Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

21.Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

22.Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

23.Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

24.Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

25.Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

26.Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			16.07.ТМ.598.008.000.СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
A3	1		16.07.ТМ.598.008.001	Корпус	1	
A4	2		16.07.ТМ.598.008.002	Корпус муфты	1	
A4	3		16.07.ТМ.598.008.003	Корпус привода	1	
A4	4		16.07.ТМ.598.008.004	Цанга	1	
A2	5		16.07.ТМ.598.008.005	Крышка привода	1	
A3	6		16.07.ТМ.598.008.006	Неподвижный корпус	1	
A3	7		16.07.ТМ.598.008.007	Поршень	1	
A4	8		16.07.ТМ.598.008.008	Плунжер	1	
A3	9		16.07.ТМ.598.008.009	Продка	3	
A2	10		16.07.ТМ.598.008.010	Продка	1	
A3	11		16.07.ТМ.598.008.011	Шток	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
	12			Винт М10х40 ГОСТ 11738-84	6	
	13			Винт М8х35 ГОСТ 11738-84	6	
	14			Гайка М14х1,5 ГОСТ 5927-70	2	
16.07.ТМ.598.008.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Елашев						
Проб. Щипанов						
Н.контр. Виткалов						
Утв. Бабровский						
Приспособление станочное				Лит.	Лист	Листов
				Д	1	2
ТГУ, ТМБЗ-1132						





## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Маршрутные карты



А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп	Троз
Б	Код, наименование оборудования														
Т 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец контурный специальный ТМГ														
Т 20	16 04 08-PR «Sandvik»; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
21															
А 22	XX XX XX 015 4120 Сверлильная														
Б 23	381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS VF-13 17335 422 1P 1 1 1 1200 1 115														
0 24	Сверлить поверхности 3 5 9 в размер $\phi 9^{+0,15}$ , $\phi 7,5^{+0,15}$ , $\phi 5,62$ <small>раз.</small> , нарезать резьбу														
0 25	поверхность 4 в размер М8 <small>раз.</small>														
Т 26	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло спиральное R840-0900-30-A0A "Sandvik"; 391213 Сверло														
Т 27	спиральное R841-0685-30-A1A GC1220 "Sandvik"; 391311 Метчик 326R06-B15050VM-TH GC1025 "Sandvik";														
Т 28	393450 Нутромер HM-15 ГОСТ10-88; 393400 Калибр.														
29															
А 30	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 31	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,34														
0 32	Точить поверхности 12, 13, 14, 19 в размер $\phi 130,422$ <small>раз.</small> , $74,15$ <small>раз.</small> , $1$ $\alpha_1 \times 45^\circ$ .														
Т 33	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец токарный контурный ТМХ 16 04 04-WF "Sandvic"; 392190														
Т 34	Резец токарный расточной ТМХ 16 04 04-WF "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
35															
А 36	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 37	381101 Токарный HAAS GT10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,48														
0 38	Точить поверхности 1, 2, 10, 20, 23, 24, 25, 26 в размер $\phi 70,294$ <small>раз.</small> , $\phi 74$ <small>раз.</small> , $1$ $\alpha_1 \times 45^\circ$ , $73,14$ <small>раз.</small> .														
0 39	$52,52$ <small>раз.</small> , $15,52$ <small>раз.</small>														
Т 40	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец токарный контурный ТМХ 16 04 04-WF														
Т 41	"Sandvic"; 392190 Резец токарный расточной ТМХ 16 04 04-WF "Sandvic"; 393311 Штангенциркуль														
МК															



A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	граф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Т.42	<i>ШЦ-ГОСТ 166-89.</i>											
43												
А.44	<i>ХХ ХХ ХХ 030 Термическая</i>											
45												
А.46	<i>ХХ ХХ ХХ 035 4133 Плоскошлифовальная</i>											
Б.47	<i>381313 Плоскошлифовальный ЗЕ711В1 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 2,48</i>											
0.48	<i>Шлифовать поверхность 1,14 в размер 72<sup>0,12</sup>.</i>											
Т.49	<i>396161 Плита магнитная; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная.</i>											
50												
А.51	<i>ХХ ХХ ХХ 040 4132 Внутршлифовальная</i>											
Б.52	<i>381312 Внутршлифовальный ЗК227В 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,48</i>											
0.53	<i>Шлифовать поверхность 20, 23 в размер <math>\phi 71,556^{+0,01}</math>.</i>											
Т.54	<i>396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Диаметр НМ-100 ГОСТ10-80.</i>											
55												
А.56	<i>ХХ ХХ ХХ 045 4131 Круглошлифовальная</i>											
Б.57	<i>381311 Круглошлифовальный ЗМ174Е 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,76</i>											
0.58	<i>Шлифовать поверхность 13 в размер <math>\phi 130^{+0,063}</math>.</i>											
Т.59	<i>396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба рычажная; 393610 Калибр.</i>											
60												
А.61	<i>ХХ ХХ ХХ 050 4132 Внутршлифовальная</i>											
Б.62	<i>381312 Внутршлифовальный ЗК227В 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,51</i>											
0.63	<i>Шлифовать поверхность 20, 23 в размер <math>\phi 72^{+0,003}</math>.</i>											
Т.64	<i>396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Диаметр НМ-100 ГОСТ10-80.</i>											
МК												



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Операционные карты







