

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки)  
Технология машиностроения  
(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления ступицы переднего колеса  
болида Формула Студент

Студент	<u>Бобровский Д.А.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Руководитель	<u>Козлов А.А.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
Консультанты	<u>Виткалов В.Г.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Степаненко А.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Краснопевцева И.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>
	<u>Яценко Н.В.</u> (И.О. Фамилия)	<u>(личная подпись)</u>

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой  
к.т.н, доцент

Н.Ю. Логинов  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления ступицы переднего колеса болида ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2017 г

Работа посвящена рассмотрению вопросов связанных с проектированием технологического процесса изготовления ступицы для ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ. В процессе выполнения работы описываются исходные данные и поставленные задачи. На основе анализа, были получены данные, с помощью которых происходил процесс выбора заготовки. Также были проведены мероприятия по проектированию техпроцесса изготовления ступицы. Необходимые операции были модернизированы в соответствии с новейшими технологиями. Создана трёхмерная модель заготовки и произведён анализ.

Произведена оценка безопасности на производстве и экономический расчёт от внедрённого техпроцесса.

## ABSTRACT

The graduation work considers questions connected with the front wheel hub manufacturing process on basis of the Formula Student project. Formula Student is the project for young generation on the basis of which the basic knowledge of the car construction and 3-D modeling is formed.

Initial data and performance targets were described in this work. Based on the data analysis the work piece was chosen. The procedures necessary for the wheel hub designing process were carried on. Several necessary operations were modernized in order to respond new technologies and standards.

There is a 3-D analysis of work piece on lathe operation. The 3D model of the work piece was created in order to calculate the clamping area. This analysis showed the product rigidity and its intensity.

Process list, operation sheet and different specifications were developed to detail the manufacturing process.

The safety estimation on manufacture and economical calculations were made.

Graduate qualification work consists of an explanatory note on 54 pages, containing 17 tables, 11 pictures and a graphic part containing 9 sheets.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Описание исходных данных.....	6
2 Технологическая часть работы.....	13
3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....	24
4 Компьютерное моделирование.....	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	40
6 Экономическая эффективность работы.....	48
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52
Приложения.....	55

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение, является наиважнейшей отраслью промышленности. Её продукция механизмы различного назначения, поставляющиеся во все отрасли промышленности. Рост промышленности, а также темпы переоборудования на новые технологии, в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

В машиностроении трудятся множество специалистов, которые осваивают и воплощают научные и инженерные мысли в высокоэффективные, надёжные и качественные машины, установки, приборы, технологическое оборудование.

Основными разработчиками и проектировщиками в машиностроении являются инженеры-технологи, которые разрабатывают технологические процессы для вновь вводимых и действующих предприятий.

Современное машиностроение ставит следующие задачи перед инженерами:

1. снижение затрат: временных и ресурсных;
2. организация технологического потока без участия человека (автоматизация процесса производства деталей);
3. оптимизация технологического процесса изготовления деталей (применение современного оборудования и инструмента).

Целью данной работы будет являться разработка технологического процесса изготовления ступицы автомобиля ФОРМУЛА СТУДЕНТ высокого качества и точности с использованием новейших разработок науки и техники.

## 1 Описание исходных данных

Данный раздел направлен на анализ исходных данных детали и типового технологического процесса, сформулировать задачи, которые необходимо решить для достижения цели в данной работе.

### 1.1 Служебное назначение и условия работы детали

Деталь ступица переднего колеса автомобиля ФОРМУЛА СТУДЕНТ (Рисунок 1.1) служит основой для крепления рабочей части тормозной системы, передача крутящего момента от полуоси переднего колеса на ведущее колесо, а также удерживает все узлы на полуоси.

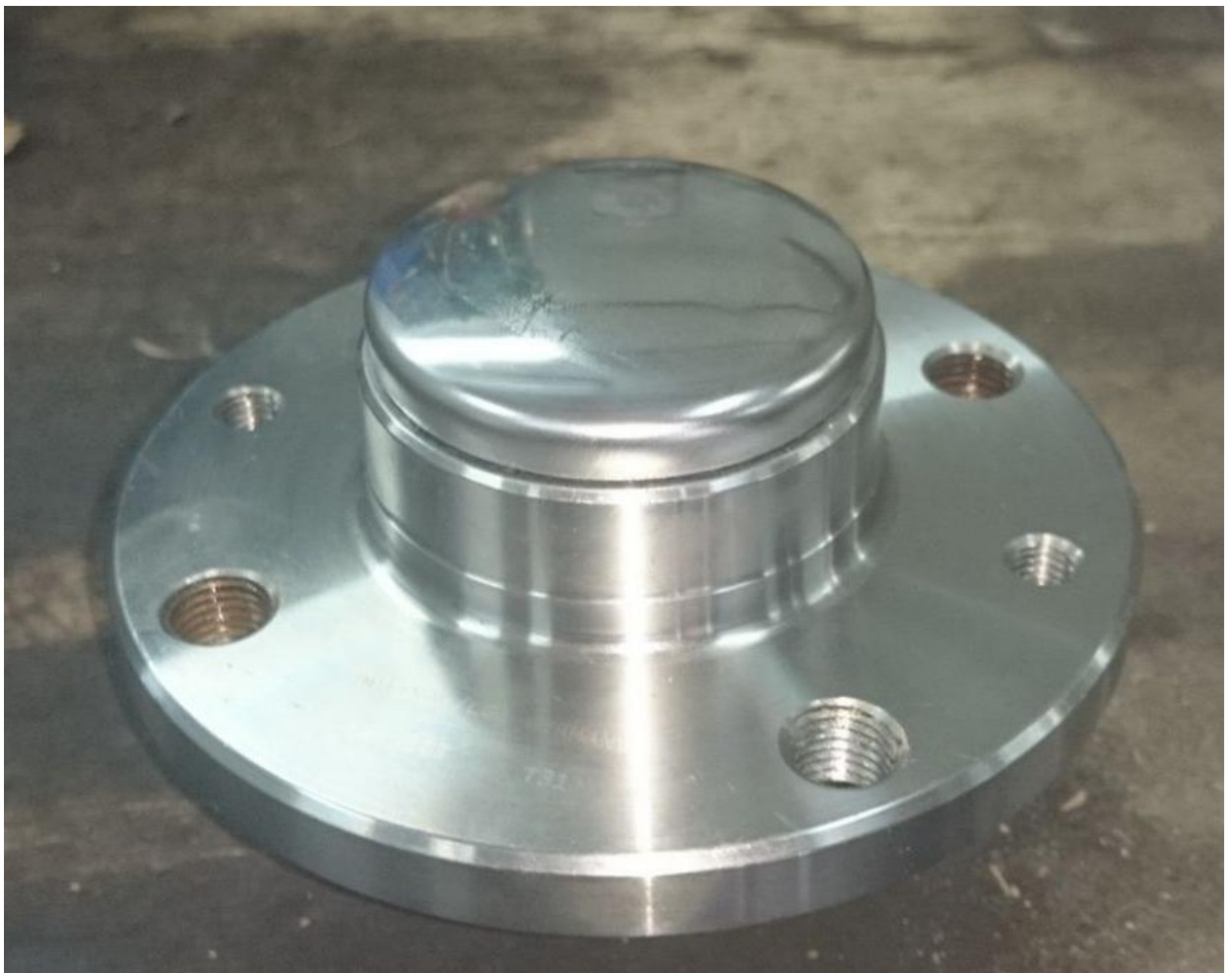


Рисунок 1.1 Ступица автомобиля ФОРМУЛА СТУДЕНТ

Ступица работает с переменными нагрузками. Материал выбран соответствующий, сталь АЦ40ХГНМ ТУ-14-1-1859-2004, предназначен для деталей с высокими требованиями по прочностным характеристикам.

Характеристики стали АЦ40ХГНМ ТУ-14-1-1859-2004;

Механические характеристики: прочность в состоянии поставки 780МПа, твёрдость 255-302 НВ. Обработка горячим штампованием характеризуется ударной вязкостью 98 Дж/см<sup>2</sup> и пределом текучести материала 685 МПа.

Таблица 1.1 - Содержание химического состава в процентном соотношении

Алюминий	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Вольфрам	Молибден
0.15-0.35	0.37-0.44	0.17-0.57	0.65-0.95	0.8-1.10	0.5-0.3	0.2-0.4	0.37-0.85

## 1.2 Систематизация поверхностей детали

Цель систематизации выявить те поверхности, которые имеют определяющее значение для качественного выполнения деталью своего служебного назначения. Все поверхности на эскизе (Рисунок 1.2) пронумеровываем и классифицируем по их назначению.

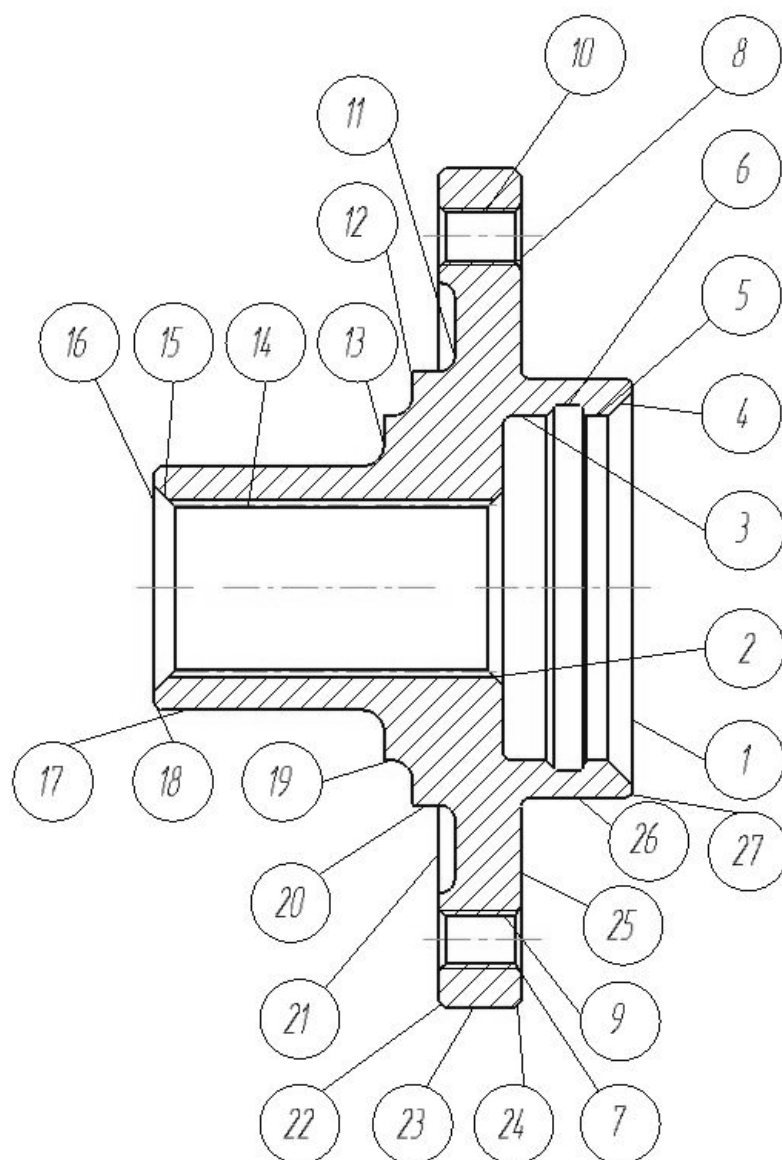


Рисунок 1.2 Обозначение поверхностей детали

Таблица 1.2 - Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номер
1	2
Исполнительные поверхности	9, 10, 14, 30
Вспомогательные базы	14, 5, 26, 21, 9, 10, 13, 17



## Продолжение таблицы 1.2

1	2
Свободные поверхности	Все остальные
Основные конструкторские базы	25, 17

### 1.3 Анализ чертежа детали

После анализа рабочего чертежа детали, оформления чертежа детали, включающий в себя:

1. Необходимое число проекций, разрезов, сечений;
2. Достаточность простановки размеров, предельных отклонений;
3. Допуски формы и расположения;
4. Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73;
5. Материал детали;
6. Требования на форму поверхностей и их взаимного расположения назначены с учётом работы ступицы
7. Точность обработки свободных поверхностей.

Анализ показал, что все требования на чертеже назначены из условий работы и конструктивных особенностей детали и изменений не подлежат.

### 1.4 Анализ типового техпроцесса детали ступицы от ЛАДА КАЛИНА

Таблица 1.3 – Техпроцесс ЛАДА КАЛИНА

Номер, наименование операции	Содержание операции	Оборудование и оснастка
1	2	3
005 Заготовительная		
010 токарная	Точить поверхность переднего тормоза, наружную поверхность и торец фланца предварительно. Сверлить центральное отверстие. Расточить место под колпак, снять фаски	Патрон тѣхкулачковый, шестишпиндельный станок с автоматической загрузкой
020 Токарная	Точить поверхность под посадку подшипника, подрезать торцы. Сверлить, зенкеровать, расточить отверстия окончательно под шлицы. Расточить канавки, снять фаски	Цанговый патрон, шестишпиндельный станок с автоматической загрузкой
030 Протяжная	Протянуть шлицы	Вертикально-протяжной станок с автоматической загрузкой. Патрон рабочий
040 Моечная	Промывка, сушка	Проходная моечная машина
050 Токарная	Точить места посадки подшипника и поверхность фланца, расточить канавки на торце фланца, снять фаски	Токарный лобовой станок. Патрон рабочий
060 Токарная	Точить поверхности под посадку диска и колпака, расточить канавку и снять фаски	Двухшпиндельный токарный лобовой станок. Цанговый патрон

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
070 Агрегатная	Сверлить, зенкеровать. Нарезать резьбу в четырёх отверстиях под болты окончательно. Нарезать резьбу в двух отверстиях под штифты для центрирования колеса окончательно.	Специальный агрегатный станок с поворотным столом.
080 Шлифовальная	Шлифовать места, посадки и опоры подшипника, фаску окончательно. Шлифовать поверхности центрирования и опоры диска тормоза окончательно.	Шлифовальный станок, Клиноплунжерный патрон
090 Моечная	-	
100 Контрольная	-	Контрольный стол

Анализируя типовой техпроцесс, взятый от ЛАДА КАЛИНА, делаем вывод, что он не подходит. Причина этому, что тип производства – массовый. В свою очередь требуется переработка процесса производства детали под среднесерийный. Учитывая тип производства, выгоднее установить универсальные станки с ЧПУ, что позволит сэкономить на содержание оборудования и производственной площади. Станок с ЧПУ позволяет заменить от 2 до 8 единиц оборудование, кроме этого сокращает цикл производства детали, повышая точность исполнения.

### 1.5 Задачи работы

Анализ показал недостатки технологического процесса ступицы переднего колеса ЛАДА КАЛИНА, формулируем задачи выпускной работы:

- 1) Спроектировать заготовку, с наименьшими экономическими затратами.
- 2) Спроектировать и выполнить расчёты станочного приспособления и режущего инструмента .
- 3) Разработать собственный технологический процесс.
- 4) Заполнить технологическую документацию.
- 5) Произвести анализ безопасности и экологичности технического объекта.
- 6) Посчитать экономичность, от внесённых изменений.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Определение типа и характеристик производства

Характеристики производства в первую очередь зависят от типа производства. В нашем случае речь идёт о принятии проектных решений, поэтому данная информация в достаточном объёме отсутствует. В таком случае согласно рекомендации [1, 2], тип производства может быть определён исходя из массы детали и годовой программы выпуска изделия.

Годовая программа ступицы составляет 4000 деталей в год, масса детали 1,1 кг. Данные параметры соответствуют среднесерийному типу производства.

### 2.2 Выбор вида и метода получения заготовки

Заготовка – это продукция производства, из методов различных обработок получая изменения формы, размера, качества поверхностей, и из совокупности этого получается продукт. От правильного метода получения заготовки, зависит трудоёмкость и себестоимость конечной детали. От материала, типа детали, формы, типа производств зависит метод получения заготовки.

Заготовка произведена методом литья по выплавляемым моделям. Рекомендуемый ряд припусков на отливку принимаем по источнику ГОСТ Р 53464-2009 [1] - четвертый ряд.

Припуски отливки принимаем по источнику [3].

Допуски отливки принимаем по источнику [3].

На изображении (Рисунок. 2.1) продемонстрированы примерные конструкции заготовок, получаемые разными методами.

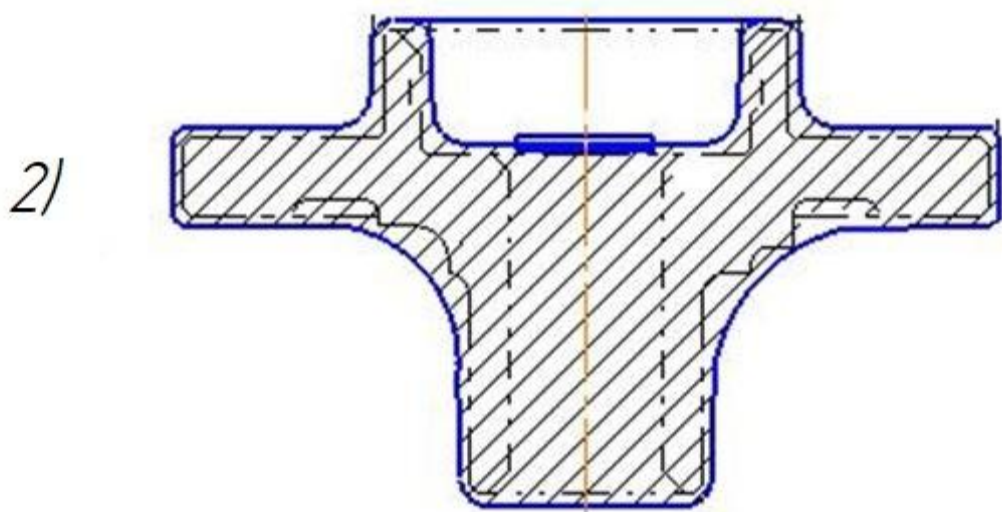
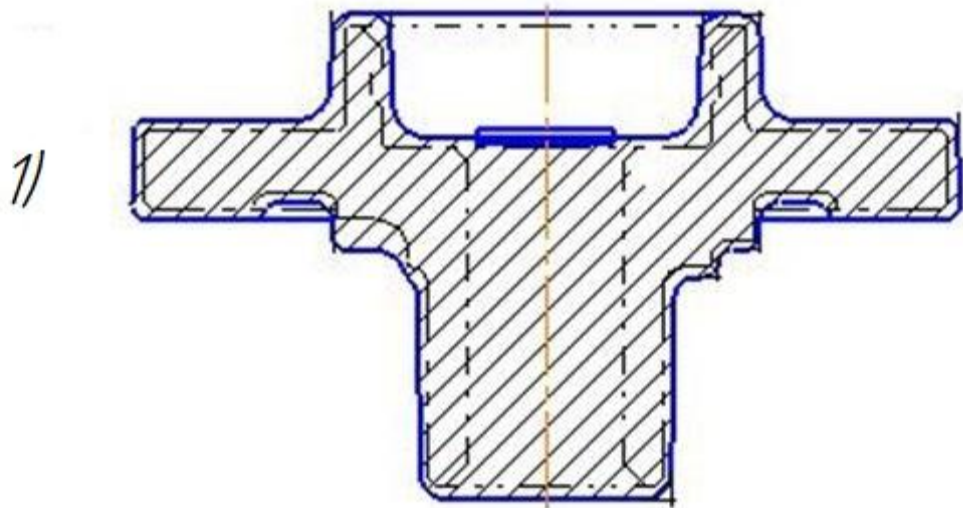


Рисунок 2.1 Заготовки 1- штамповка 2 – литьё

Таблица 2.1 - Припуски на размеры отливки

Размеры отливки, мм.	Номинальные размеры, мм.	Припуски на механическую обработку, мм. (на одну сторону)	Допуски отливки, мм.
120	117	1.4	0.4
63	60,5	1.2	0.32
60,5	58	1.0	0.4
50	48	1.4	0.32
36	34	1.0	0.28
33	32	1.1	0.28
20	19	1.0	0.24
17	15.5	1.2	0.22
14.5	11.5	1.4	0.22
5	4	1.1	0.18

### 2.3 Технико-экономическое сравнение методов получения заготовки

Стоимость заготовки в рублях.

$$S_{заг} = C \cdot Q \cdot k_T \cdot k_B \cdot k_C \cdot k_M \cdot k_{II} - (Q - q) \cdot S_{отх}, [4] \quad (2.1)$$

где  $C$  - стоимость одного килограмма заготовки в рублях;

$k_T, k_B, k_M, k_{II}$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, групп сложности, марки, материала, массы и типа производства;

$Q$  – масса заготовки;

$q$  – масса готовой детали;

$S_{omx}$  - цена одного килограмма отходов.

Произведём расчёт для отливки:

$$k_C = 0,9; [4]$$

$$k_{II} = 1,23; [4]$$

$$k_M = 1,1; [4]$$

$$k_B = 0,63; [4]$$

$$k_T = 1,0; [4]$$

$$C = 1,6 \text{ руб.}$$

$$Q = 1,83 \text{ кг.}$$

Выше приведенные значения подставим в формулу (2.1)

$$S_{зак} = C \cdot Q \cdot k_T \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - Q - q \cdot S_{omx} = 1,23 \cdot 0,63 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,83 - 1,83 - 1,1 \cdot 0,0144 = 2,22, \text{ руб.}$$

Произведём расчёт для штамповки:

$$k_{II} = 0,8; [4]$$

$$k_C = 1,14; [4]$$

$$k_M = 1,21; [4]$$

$$k_B = 1,29; [4]$$

$$k_T = 1,0; [4]$$

$$C = 0,315 \text{ руб.}$$

$$S_{omx} = 0,0144 \text{ руб.}$$

Выше приведенные значения подставим в формулу (2.1)



$$S_{заг} = C \cdot Q \cdot k_T \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} - Q - q \cdot S_{отх} = 0,8 \cdot 1,29 \cdot 1,14 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 1,984 \cdot 0,315 - 1,984 - 1,1 \cdot 0,0144 = 0,89, \text{ руб.}$$

Выбираем способ получения заготовки:

Штамповка на ГКМ

2.4 Выбор способов обработки поверхностей изделия.

Выбираем последовательность обработки поверхностей в зависимости от обрабатываемого материала, вида поверхности, качества точности.

В таблице 2.2 представлены результаты.

В таблице 2.2 приняты следующие сокращения: П – протягивание; Т – точение; Т<sub>ч</sub> – чистовое точение; С – Сверление; Р – растачивание; Р<sub>рез</sub> – резба; Ш – шлифование; ТО – термообработка; З – зенкерование.

Таблица 2.2 – Способы обработки поверхностей

Номер поверхности №	Шероховатость Ra	Квалитет IT	Способ обработки
2, 5, 27, 4, 3, 24, 15, 22, 14, 23, 21, 11, 13, 18, 6, 20	3,2	11	Т, Т <sub>ч</sub>
7, 9, 8, 10	6,3	10	С, З, Р <sub>рез</sub>
26, 1	1,6	9	Т, Т <sub>ч</sub> , ТО, Ш
17, 16	0,8	7	Т, Т <sub>ч</sub> , ТО, Ш
28	3,2	9	П
19, 12, 25	2,5	9	Т, Т <sub>ч</sub> , ТО, Ш

2.5 Определение припусков

В соответствии с характеристиками производства припуск для обработки самой точной поверхности 17 в размер  $\varnothing 34^{(+0,002}_{+0,018)}$  определяются

расчётно-аналитическим методом с использованием методики и справочных данных [5, 6].

Минимальный максимальный припуск равен:

$$Z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.2)$$

где -  $a$ ,  $\Delta$ ,  $\varepsilon$  - справочные составляющие припуска.

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + Td_i + Td_{i-1} \quad (2.3)$$

где –  $Td_i$ , операционный допуск на  $i$ -й операции

Таблица 2.3 – Расчёт припусков на поверхность 17

Номер операц ии	Название операции	Квал итет	Ra	h	$\Delta$	$\varepsilon$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$d_{\min}$	$d_{\max}$
005	Заготовител ьная	15	0,4	0,4	0,25	-	-	-	36,3 62	37,3 64
010	Токарная	12	0,25	0,15	0,06 24	-	0,64 5	1,27 4	34,8 12	35,0 62
020	Токарная	10	0,1	0,05	0,25	-	0,21 4	0,38 7	34,2 85	34,3 85
100	Шлифваль ная	7	0,016	0,03 5	0,00 38	-	0,10 6	0,20 5	34,0 02	34,0 18

Расчёты припусков дали следующий результат:  $\varnothing 34 \begin{matrix} +0,002 \\ +0,018 \end{matrix}$

## 2.6 Маршрут изготовления детали

Маршрут изготовления детали ступицы переднего колеса от ЛАДЫ КАЛИНЫ переработан в соответствии с среднесерийным производством.

Таблица 2.4 – Маршрут изготовления детали

Номер и наименование операции	Номер обрабатываемых поверхностей
010 Токарная	23, 25, 26, 1, 5, 14
020 Токарная	21, 20, 19, 13, 17, 16, 12, 14
030 Токарная	21, 11, 13, 17, 18, 15, 14, 16
040 Токарная	5, 26, 27, 1, 4, 3, 23, 24, 2
050 Протяжная	30, 14
070 Сверлильная	7, 9, 8, 10
080 Термообработка	Все поверхности
090 Шлифовальная	1, 26, 25
100 Шлифовальная	19, 17, 12, 16

На основе полученного технологического маршрута, формируется план изготовления детали.

Особое внимание следует уделить системе базирования заготовок на операциях. Для точности изготовления желательно соблюдать одну и ту же схему базирования на всех операциях. Схему базирования используем типовую из [7, 8].

## 2.7 Выбор средств технологического оснащения

Задача раздела – подобрать необходимое оборудование, оснастку, инструмент в соответствии типом производства.

Следует сказать, что современное оборудование повышает технологичность выбранных переходов. Современная компоновка станков с широким выбором задействованного инструмента и разнообразием кинематических схем обработки позволяет проектировать технологические

операции на основе принципа концентрации переходов, что позволяет уменьшить количество переходов и время на выполнения. Необходимая информация взята из справочных данных и каталогов [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

Таблица 2.5 - Средства технологического оснащения

Номер названия и название операции	Оборудование	Приспособления	Инструмент	Контрольные приспособления
1	2	3	4	5
010 Токарная	Токарный HASS TL-1	Патрон трёхкулочковый ГОСТ 24351-80	Сверло CoroDrill 460 460.1-2000-090A0-ХМ GC34, режущая пластина T-Max P SNMG 12 04 12-MR 4335, Резцовая головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, режущая пластина CoroTurn Prime тип В CP-B1108-M5 2025, резцовая головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B "Sandvik"	Штангенциркуль, нутромер ГОСТ 160-80
020 Токарная	Токарный HASS TL-1	Патрон трёхкулочковый ГОСТ 24351-80	режущая пластина T-Max P SNMG 12 04 12 – MR 4335, Резцовая головка T-Max P C5-PSKNR – 27140 – 12M1, режущая пластина CoroTurn Prime тип В CP-B1108-M5 2025, резцовая головка CoroTurn Prime C6-CP-25BL-45065-11B "Sandvik"	Штангенциркуль, нутромер ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
030 Токарная	Токарный HASS TL-1	Патрон трёхручк овый ГОСТ 24351-80	режущая пластина T- Max P SNMG 12 04 12 – MR 4335, Резцовая головка T-Max P C5- PSKNR – 27140 – 12M1, режущая пластина CoroTurn Prime тип B CP-B1108-M5 2025, резцовая головка CoroTurn Prime C6-CP- 25BL-45065-11B "Sandvik" режущая пластина T-Max P 15DNMG-XF A70 "Sandvik"	Штанген циркуль, нутромер ГОСТ 160-80
040 Токарная	Токарный HASS TL-1	Патрон трёхручк овый ГОСТ 24351-80	режущая пластина T- Max P SNMG 12 04 12 – MR 4335, Резцовая головка T-Max P C5- PSKNR – 27140 – 12M1, режущая пластина CoroTurn Prime тип CP- B1108-M5 2025, резцовая головка CoroTurn Prime C6-CP- 25BL-45065-11B, режущая пластина T- Max P 15DNMG-XF A70 "Sandvik"	Штанген циркуль, нутромер ГОСТ 160-80
050 Протяжн ая	Вертикально -протяжной станок RISH- M	Опора шаровая	Протяжка, ГОСТ 25157- 82	Нутроме р ГОСТ 160-80 Калибр
060 Моечная	Моечная машина			
070 Сверлил ьная	Вертикально – сверлильный станок с ЧПУ Haas Dm-1	Оправка	Сверло диаметра 6, ГОСТ 22636-77, P6M5-2 шт. Сверло диаметра 10, тип 2301,. Зенкер диаметра 6 и 8 , зенкер диаметра 10 и 8, Метчик	Калибры

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
090 Шлифовальная	Шлифовальный станок quickpoint 3000	Цанговый патрон	Специальный круг	Скоба рычажная
100 Шлифовальная	Шлифовальный станок quickpoint 3000	Цанговый патрон	Специальный круг	Скоба рычажная
110 Моечная	Моечная машина			
120 Контрольная				Контрольный стол

## 2.8 Разработка технологических операций

Режимы резанья влияют на показатели технологических операций. Учитываются условия эксплуатации: инструмент, вид обработки поверхностей и техническое состояние станков.

Следует учесть, что на многих операциях используется инструмент фирмы «Sandvik», поэтому используем данные по режимам резанья этой фирмы [9].

На остальные операции назначаем режимы резанья согласно методике [21, 22] расчетно-аналитическим методом.

Таблица 2.6 – Режимы резанья

Номер операции	Номер перехода	Подача мм/об	Скорость м/мин	Обороты об/мин	Длина рабочего хода	Операционное время мин
1	2	3	4	5	6	7
010	1	0,29	64	1020	0,8	0,44
	2	0,18	318	1800	0,35	
	3	0,30	275	800	0,5	

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
020	1	0,28	295	800	0,25	0,244
	2	0,25	207	1800	0,5	
030	1	0,23	219	1800	0,64	0,26
	2	0,28	295	800	0,25	
040	1	0,35	241	1600	1,5	0,19
	2	0,31	275	750	0,5	
	3	0,19	210	1500	0,6	
050	1	0,06	5	-	0,6	0,35
070	1	0,25	25	800	4,5	0,4
	2	0,4	35	1020	0,25	
	3	1,25	16	400	1,25	
090	1	0,02	2,5	40/170	0,5	0,65
100	1	0,02	2,5	40/190	0,25	0,6

### 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

#### 3.1.1 Проектирование приспособления

#### 3.1.2 Расчёт сил резания.

Расчёт сил резания выполним по методике, изложенной в [5, 23]

При точение поверхности ступицы ФОРМУЛЫ СТУДЕНТ, необходимо рассчитать составляющие силы  $P_z$  и  $P_y$ .

$$P_{z,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.1)$$

$$P_z - C_{pz}=300, X_{pz}=1,0, Y_{pz}=0,75, n_{pz}=-0,15$$

$$P_y - C_{py}=243 X_{py}=0,9, Y_{py}=0,6 n_{py}=-0,3$$

Геометрия резца:

$$- \lambda = +0.5^\circ$$

$$- \varphi = 60^\circ$$

$$- \gamma = -3^\circ$$

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания:.

$$K_p = K_{mp} K_\varphi K_{\gamma P} K_{\lambda p} \quad (3.2)$$

$$\text{Для стали } K_{mp} = \frac{780}{750}^{0.75} = 1.029$$



При

$$\varphi = 60^\circ ; K_{\varphi pz} = 0.94 ; K_{\varphi py} = 0.8 ; K_{\gamma pz} = 1.05 ; K_{\gamma py} = 1.5 ; K_{\lambda pz} = 1.03 ; K_{\lambda py} = 1.15$$

$$K_{pz} = K_{mp} K_{\varphi} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1.029 \cdot 0.94 \cdot 1.05 \cdot 1.03 = 1.04$$

$$K_{py} = K_{mp} K_{\varphi} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1.029 \cdot 0.8 \cdot 1.5 \cdot 1.15 = 1.42$$

Подставим значения в формулу (3.1)

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot Kp = 10 \cdot 300 \cdot 1.0^{1.0} \cdot 0.42^{0.75} \cdot 68^{-0.15} \cdot 1.04 = 864.4 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot Kp = 10 \cdot 243 \cdot 1.0^{0.9} \cdot 0.42^{0.6} \cdot 68^{-0.3} \cdot 1.42 = 578.217 \text{ Н}$$

### 3.1.2 Расчёт усилия зажима.

Выведем формулы для расчёта усилия зажима  $W$ . Сила стремящая повернуть заготовку в патроне поджатую кулачками.

$$Mp = \frac{P_z d_1}{2} \quad (3.3)$$

$$Mp = \frac{864.4 \cdot 58}{2} = 25067.6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Повороту заготовки препятствует момент силы зажима, который определяется по формуле:

$$M'_3 = \frac{Wtd_1}{2} \quad (3.4)$$

где  $W$  – суммарное усилие зажима приходящее на три кулачка.

$f$  – коэффициент трения на рабочие поверхности сменного кулачка

Из равенства моментов  $M_p$  и  $M_3$  определяется необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках:

$$W' = \frac{2KM_p}{fd_1} \quad (3.5)$$

Значение коэффициента запаса  $K$  зависит от конкретного условия выполнения технологической операции определяется по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (3.6)$$

Подставим в формулу (3.6)

$$K_{pz} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,8;$$

$$K_{py} = 2,52$$

$$f = 0,3$$

Подставим в формулу (3.5).

$$W' = \frac{2KM_p}{fd_1} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 25067,6}{0,3 \cdot 35} = 8594,6 \text{ Н}$$

Сила  $P_{py}$  стремится вывернуть заготовку из кулачков, этому моменту препятствует момент от силы зажима кулачков.

$$M_p'' = P_y' \cdot l_1 \quad (3.7)$$

$$M_p'' = 578.217 \cdot 67.5 = 39029.6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Необходимая сила зажима равна:

$$W'' = \frac{1,5KM_p}{f d_1} \quad (3.8)$$

Для дальнейших расчётов выбираем наихудший случай:  $W=14050,6 \text{ Н}$

Величина усилия  $W_1$ , прикладываемая к кулачкам увеличивается сравнительно с усилием  $W$  и расчёт ведётся по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3l_k}{H_k} \cdot f_1} \quad (3.9)$$

$$W_1 = \frac{14050,6}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0,1} = 18487,6 \text{ Н}$$

### 3.1.3 Расчёт зажимного механизма патрона

Во время расчёта зажимного механизма рычажного патрона по определённому усилию  $W_1$  определяется усилие  $Q$ , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся каждому кулачку

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.10)$$

где  $i_c$  - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$$i_{CPM} = \frac{A}{B} \quad (3.11)$$

где  $A$  и  $B$  - плечи рычага

$$i_{CPM} = \frac{70}{35} = 2$$

На этапе расчёта наружный диаметр патрона можно определить по формуле:

$$D_{\Pi} = d_2 + 2H_k \quad (3.12)$$

$$D_{\Pi} = 58 + 2 \cdot 75 = 208 \text{ мм}$$

Так как диаметр превышает 200 мм, то будем использовать рычажный механизм с  $i_c=2$ .

Подставляя значения в формулу.

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (3.13)$$

$$Q = \frac{18487,6}{2} = 9243,8 \text{ Н}$$

#### 3.1.4 Расчёт силового привода

Для создания усилия применяется силовой привод. В качестве привода распространён пневматический цилиндр, за счёт отсутствия жидкости в нём и мероприятий по её замене. Для выбора между гидравлическим и пневматическим проведём сравнительный расчёт и попытаемся выбрать самый целесообразный вариант. Хотелось бы отметить о наличии на каждом предприятии пневмоустановок для подачи сжатого воздуха.

Диаметр поршня пневмоцилиндра определим по формуле.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.14)$$

Ход поршня цилиндра рассчитывается по формуле:

$$S_q = \frac{S_w}{i_n} \quad (3.15)$$

$$S_q = \frac{5}{0.5} = 10$$

где  $S_w$  - свободный ход кулачков, который принимаем равным 5 мм.

$i_n=1/i_c$  - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению. Значение  $S_Q$  - принимается с запасом 10...15 мм

$$S_q=20\text{мм}$$

В конструкцию станка «НААС Т1-1» допустимо устанавливать привод с диаметром поршня не более 110 мм. Если при расчёте, диаметр поршня получится более 110 мм, то следует использовать гидравлический привод, где за счёт регулировки масляного давления, возможно, получить большие усилия. При полученном усилии подбираем давление масла ( $P_r=1.0; 2,5; 5,0; 7,5$  мПа) Чтобы диаметр поршня не превышал 110 мм.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \sqrt{\frac{9243,8}{5}} = 79.6 \text{ мм (Принимаем, как 80 мм)}$$

Для гидравлического привода, мы принимаем диаметр поршня, как 80 мм, а ход поршня 20 мм.

### 3.2.1 Проектирование приспособления

### 3.2.2 Технология QUICKPOINT

QUICKPOINT - это высокоскоростное круглое шлифование с точечным контактом шлифовального круга и обрабатываемой детали (рисунок 3.1.).

При этом используются износостойкие шлифовальные круги из кубического нитрида бора или алмаза толщиной в несколько миллиметров. Благодаря наклону оси шлифовального круга относительно горизонтальной

оси детали образуется свободный угол, и зона контакта между шлифовальным кругом и деталью сокращается с линии до точки.

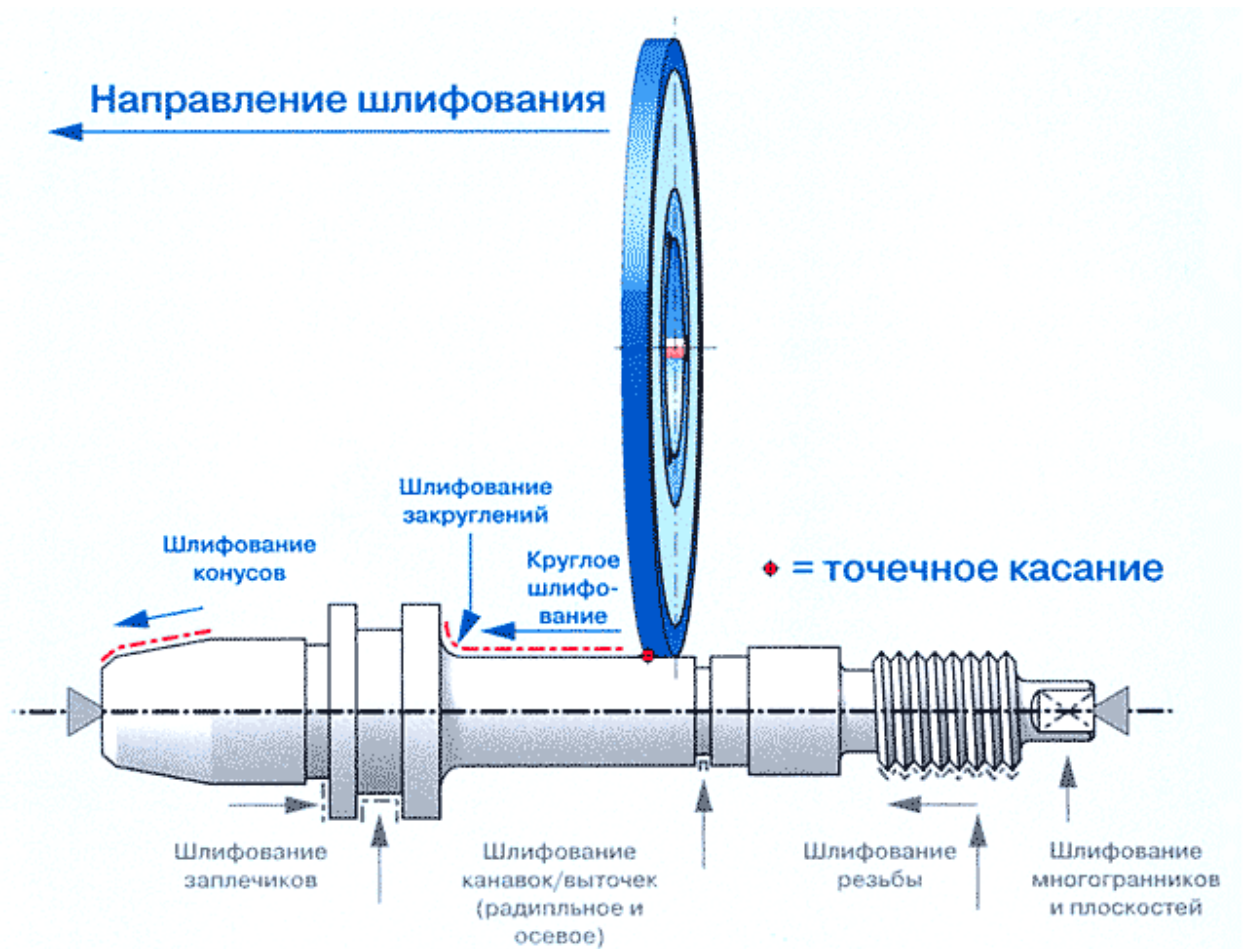


Рисунок 3.1 Технология QuickPoint

Станки с технологии QUICKPOINT могут использоваться в любой отрасли:

1. в производстве медицинских инструментов;
2. в производстве валов;
3. в кораблестроение;
4. в промышленности;

Станок QUICKPOINT является рациональным выбором для некрупных предприятий, для которых характерна частая смена заказов. Поскольку станок с QUICKPOINT легко и быстро переналаживается и универсален в применении, то его индивидуальная настройка позволяет использовать все его возможности.

Стабильность прецизионного шлифования обеспечивает станина, изготовленная методом минерального литья - эффективное поглощение вибрации, чрезвычайно высокая жёсткость, главные оси перемещения инструмента расположены на станине станка.

Экономические преимущества:

Экономия средств за счёт сокращения производственных циклов - возможно шлифование почти всех контуров детали одним шлифовальным кругом в одном закреплении.

1. Высокая производительность за счёт обработки в одном закреплении;
2. Упрощение логистики - нет перезакрепления, обработка только на одном станке;
3. Незначительные расходы на инструмент за счёт длительного срока их службы;
4. Небольшое время переналадки.

### 3.2.3 Метод выбора шлифовального круга

В данном разделе описывается принцип выбора шлифовального круга. В первую очередь требуется отойти от стандартных типов материалов – абразивные материалы. Присутствует ряд причин:

1. При высокой скорости происходит разрыв абразивного материала.
2. Возникновения вибрации, что уменьшает точность шлифования.
3. Разбалансировка круга.



Выбор материала происходит исходя из режимов резанья. В данном случае используется технология QUICKPOINT, что уже говорит о высоких скоростях. Круги для этой технологии сделаны из сплава алюминия. Выбирая из ряда сплавов: АК8, АК10, АК12, самый подходящий АК8, который удовлетворяет техническим требованиям. Материал отличается сравнительной дешевизной от других марок материала.

Размер круга подбирается в зависимости от типа детали, размеров зоны смена инструмента, рабочей зоны и оснастки станка. Принимаем следующие размеры круга: 400x127x15.

Основа шлифовального круга толщиной в несколько миллиметров - кубический нитрит бора или алмаз. Использование алмазного напыления является нецелесообразным, в силу своей дороговизны. Принимаем кубический нитрит бора.

Примерный рисунок шлифовального круга (3.2)

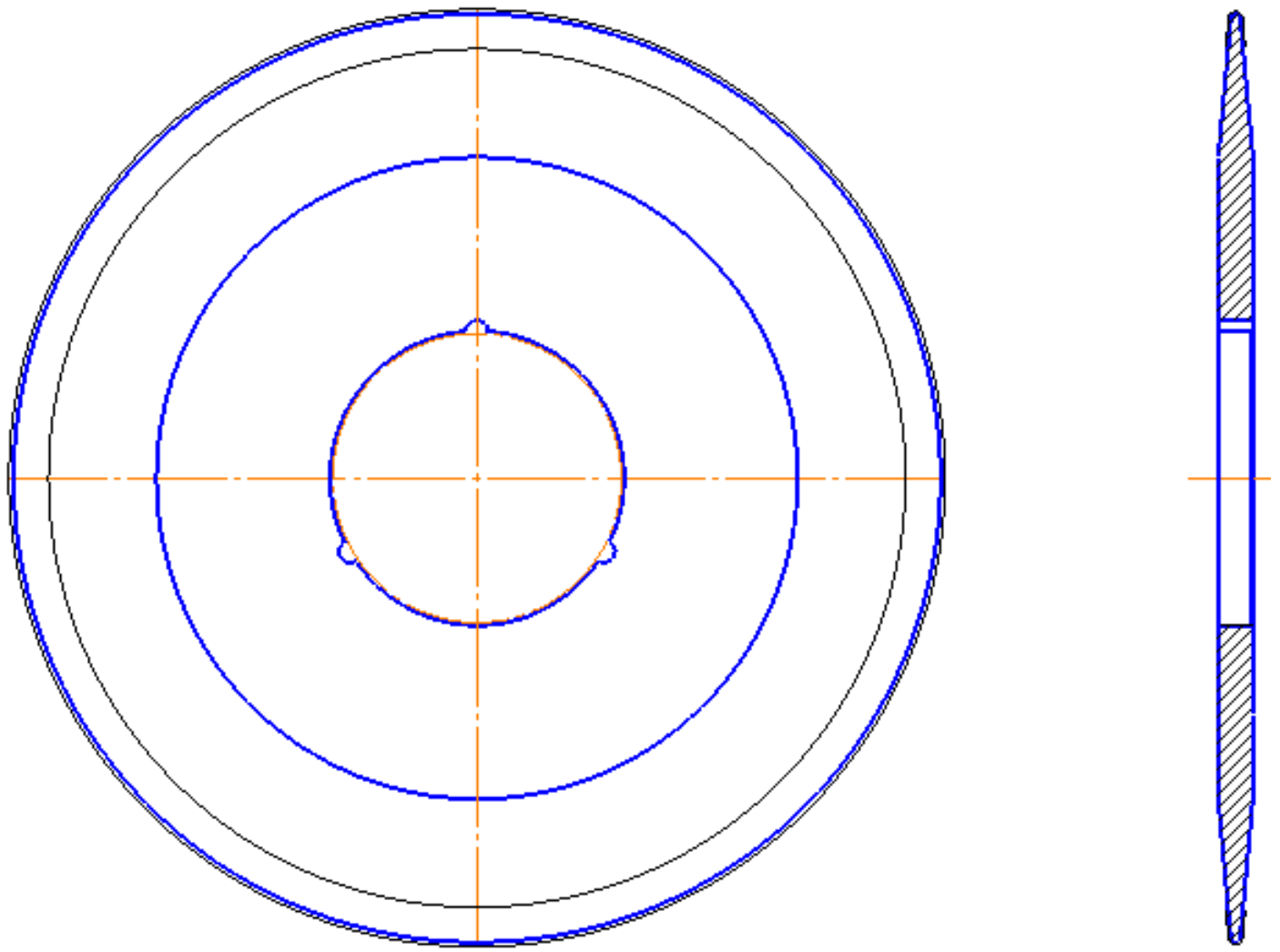


Рисунок 3.2 Круг шлифовальный

## 4 Компьютерное моделирование

Произведём анализ сил действующих на заготовку при закреплении в кулачках патрона.

На рисунке 4.1 видим поверхности выделенные красным цветом – это места соприкосновения кулачков с заготовкой.

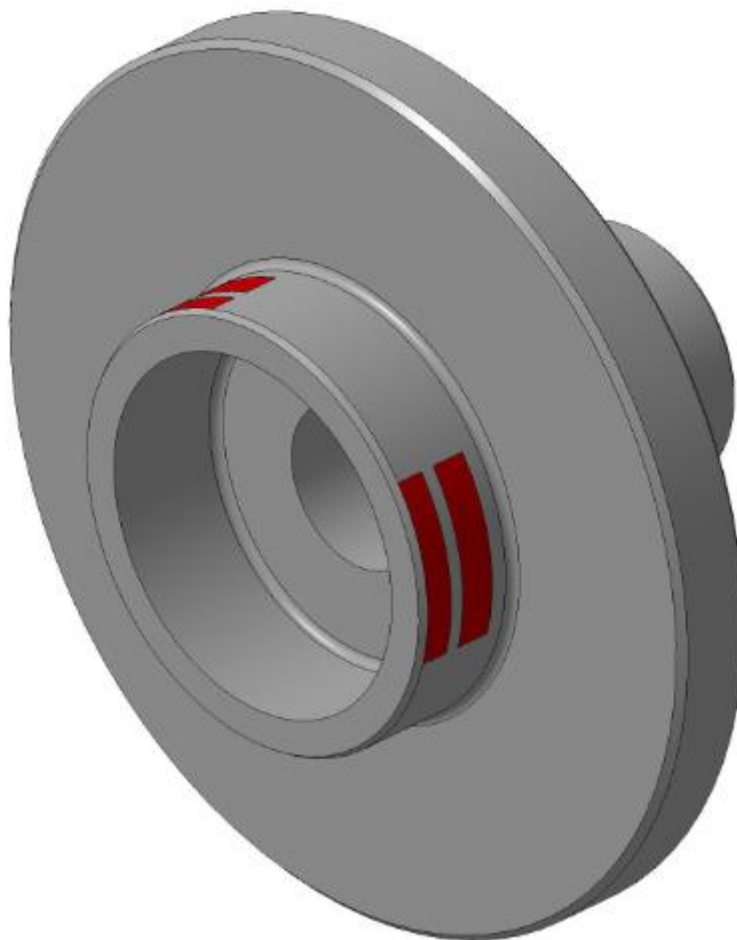


Рисунок 4.1 Места крепления заготовки в кулачках

Произведём расчёт давления действующего на заготовку. Для этого определяем площадь закрепления заготовки, что видно на рисунки 4.2.

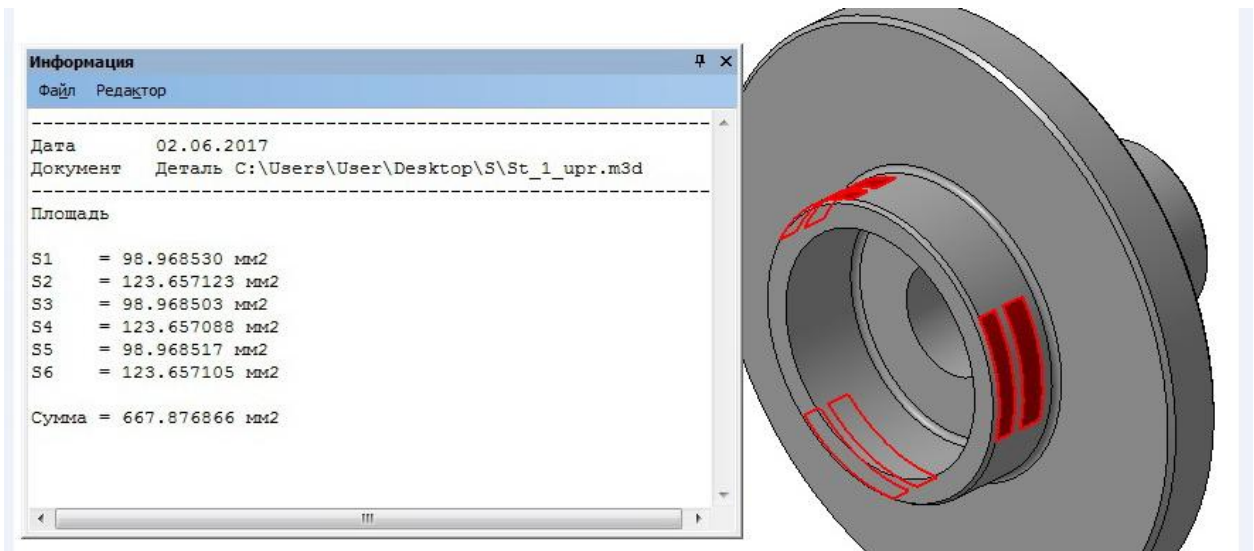


Рисунок 4.2 Расчёт площади

Давления, действующие на поверхность заготовки, это отношение силы прикладываемой кулачками к площади закрепления. Рисунок 4.3.

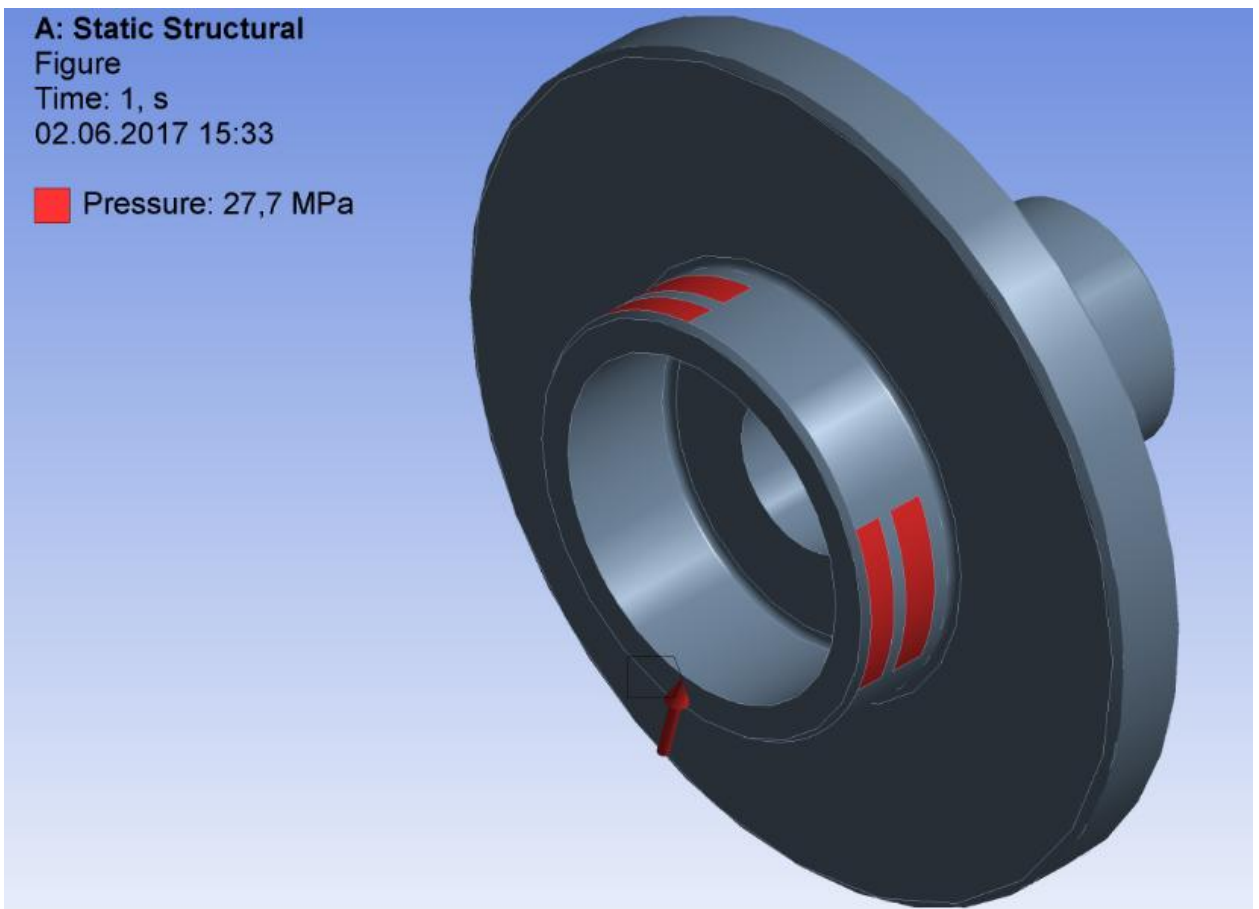


Рисунок 4.3 Давление

Наложим на заготовку ограничения по базированию. Рисунок (4.4)

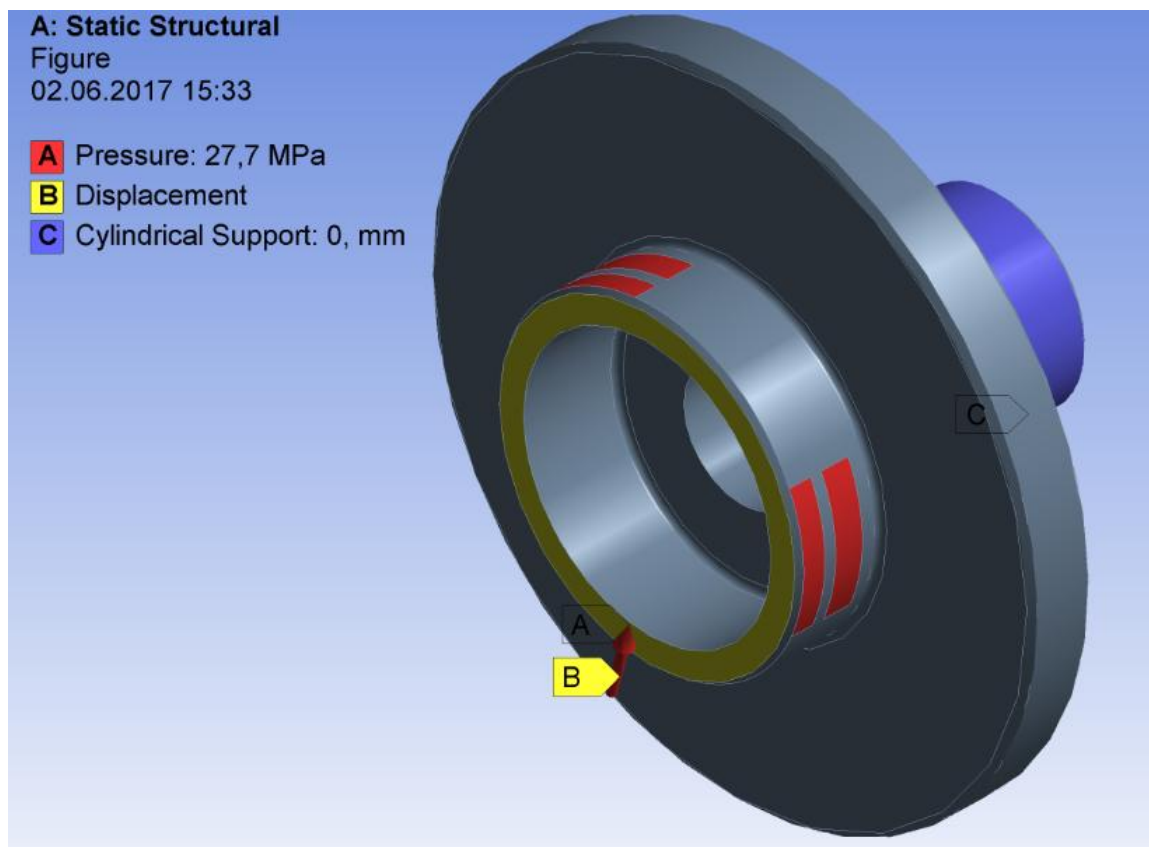


Рисунок. 4.4 Ограничения по базированию

Максимальная деформация заготовки в местах закрепления составляет 16 микрон, из этого следует, что патрон можно использовать для чистовых операций. Рисунок 4.5.

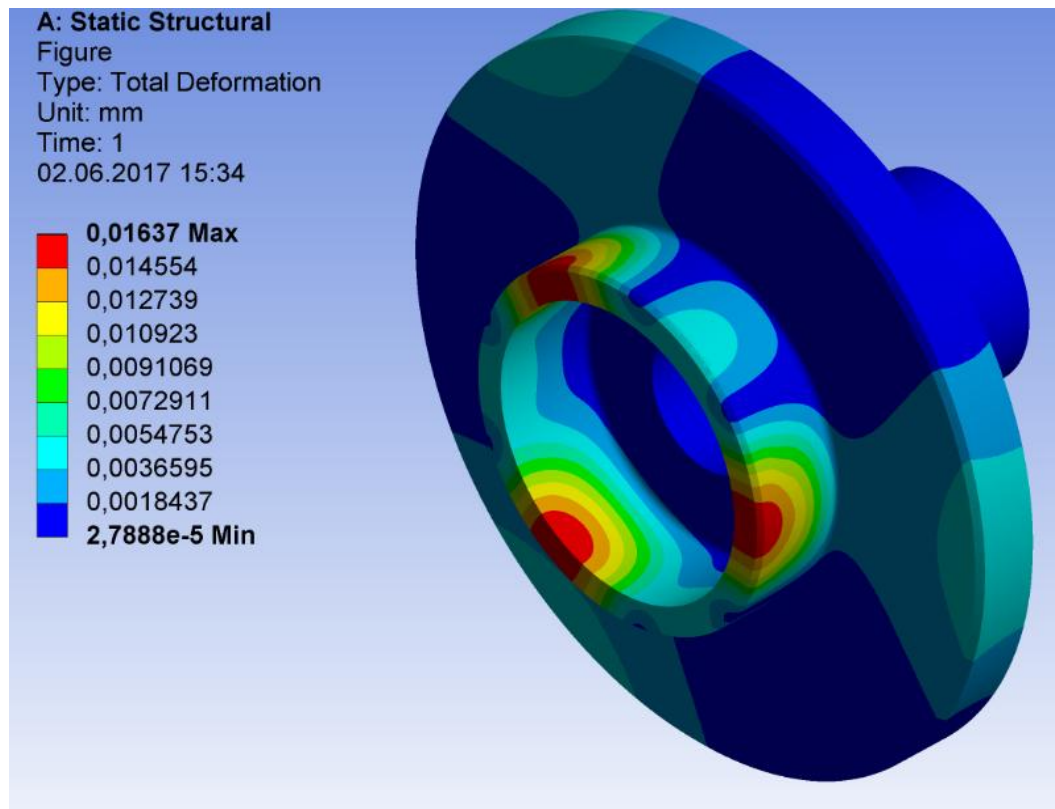


Рисунок 4.5 Деформации в заготовки

Следует проверить заготовку на напряжение. Рисунок 4.6.

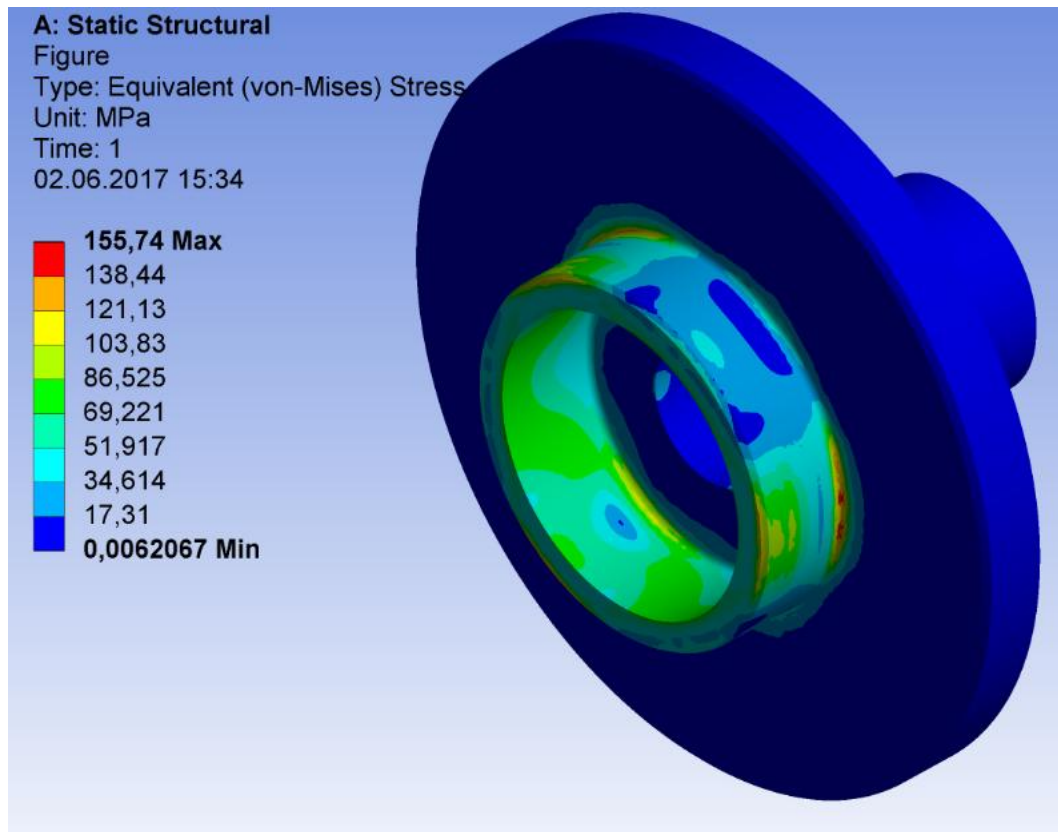


Рисунок 4.6 Напряжения

Заготовка испытывает максимальное напряжение в красных зонах и равняется 155 МПа, а максимальное предел текучести для стали около 800 МПа. Из полученного результата следует, что полученной силы недостаточно для образования отпечатков пластической деформации от кулачков.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологического процесса изготовления ступицы переднего колеса болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

Анализ проведён по методике изложенной в [24]

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Ежедневно множество наёмных работников подвергают себя опасности, трудясь на объектах сборки либо же на производстве. В данном разделе приведены устройства, отличающиеся от типового техпроцесса, наименования операций изменённых в последствие модернизации, должность работника на производстве, материалы и вещества.

Модернизация проведена лишь с одной технологической операции 100 Шлифование чистовое, остальные операции не претерпели изменений, поэтому в этом разделе анализ происходит только с данной операции.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт технического объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Шлифование чистовое	Операция 100 Шлифование чистовое с ЧПУ	Оператор станка с программным управлением второго разряда	Шлифовальный станок с ЧПУ JUNKER QUICKPRO NT 3000 , цанговый патрон .	сталь АЦ40ХГНМ ТУ-14-1-1859-2004



## 5.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.

В данном разделе приводится модернизированная операция из таблицы 5.1., наименование опасных и вредных факторов на производстве, согласно ГОСТ 12.0.003-74, наименование используемого производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, различных веществ и материалов, которые представляют опасность и необходимая документация.

Таблица 5.2 - 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	Операция 100 Шлифование чистовое с ЧПУ	1.Повышенная запылённость и загазованность воздуха стандарт СТ СЭВ 790-77 2.Повышенный уровень шума стандарт СТ СЭВ 790-77 3.Повышенная напряжённость электрического поля стандарт СТ СЭВ 790-77	Шлифовальный станок с ЧПУ JUNKER QUICKPOINT 3000

## 5.3 Методы и технические устройства снижения профессиональных рисков

В данном разделе предлагаются способы и средства защиты, от полного или частичного устранения негативного фактора на производственном объекте

Таблица 5.3 – Техническо-организационные методы и средства снижения негативных производственных факторов (уже реализованных или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках бакалаврской работы)

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенная запылённость и загазованность воздуха на рабочем месте	Оператор должен быть одет в респиратор и защитный костюм	Респиратор РУ-60М, костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий ГОСТ 27575-87
2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Оператор станка с числовым программным обеспечением находится на удалении от станка и производит загрузку и выгрузку заготовки	Защитные наушники STAYER PROFI 1118
3	Повышенная напряжённость электрического поля на рабочем месте	Ограждение и заземление оборудования	Специальная обувь ГОСТ 12.4.127-83

#### 5.4 Обеспечение пожарной безопасности на предприятие рассматриваемого технического объекта

В данном разделе произведём идентификацию класса пожара и выявление пожароопасных факторов, с разработкой методов по обеспечению пожарной безопасности, производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведённой продукции, используемых

сырьевых материалов, применяемых в составе заданного технического объекта

#### 5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 5.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Производственный цех с участком механообработки	Шлифовальный станок с ЧПУ JUNKER QUICKPRO NT 3000	Е	1) пламя и искры; 2) тепловой поток; 3) снижение видимости в дыму в задымлённых зонах; 4) сниженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах.	1.вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества.2. образующиеся в процессе пожара части разрушившихся производственного и инженерно-технического оборудования.

5.4.2 Разработка технических средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушитель Мелант и ОП-2, ГОСТ 51057-2001. Щиты пожарные с песком ГОСТ 12.4.009-83.	Пожарные автомобили или ГОСТ Р 53247-2009	Пожарные гидранты ГОСТ Р 53961-2010	Извещатель пожарный ГОСТ Р 53325-2012	Напорные пожарные рукава ГОСТ Р 51049-2008, гидранты ГОСТ Р 53961-2010	Респираторы, противогазы ГОСТ 12.4.121-2015	Пожарные лопаты ГОСТ 19596-87, ломы ГОСТ Р 50982-96, ведро ГОСТ 12.4.009-83	Дымовые датчики пожарной сигнализации ГОСТ Р 53325-2012. Извещатели

5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 5.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
Шлифовальный станок с ЧПУ JUNKER QUICKPOINT 3000. Шлифование чистовое	Информирование работников цеха по противопожарной безопасности. Контроль за применением оборудования Использование автоматических средств информирования	Запрет на разведение открытого огня на территории цеха, а также запрет на курение. Применения средств оповещения и пожаротушения в цехе

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого цеха

В данном разделе проводится идентификация вредных и опасных факторов, возникающих во время действия реализованного технического процесса. Вследствие модернизации технического объекта, предлагаются мероприятия по снижению антропогенного воздействия на окружающий мир.

Таблица 5.7 - Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственного-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственного-технологического процесса, энергетической установки	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 5.7

1	2	3	4	5
Шлифование чистовое	Шлифовальный станок с ЧПУ JUNKER QUICKPOINT 3000	Мелкая стружка		Возможность попадания мелкой стружки на сельскохозяйственные посевы и в почву

Созданный ряд мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающий мир

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Шлифование чистовое
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование защитного кожуха на шлифовальном станке с ЧПУ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Установить уловитель для стружки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использовать стружку повторно. Соблюдать правила хранения и утилизации вредных веществ

## 5.6 Заключение

Подводя итоги работы, произведен анализ ОВПФ разработанного нами технического объекта. Сформулирован перечень необходимых действий для существенного повышения пожаробезопасности, увеличение безопасности труда наёмных работников. Разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающий мир.

## 6 Экономическая эффективность работы

В процессе написания выпускной квалификационной работы было предложено совершенствование типового технологического процесса изготовления детали ступицы переднего колеса. Чтобы сделать заключение об эффективности предложенного изменения необходимо проанализировать сравниваемые параметры вариантов технологического процесса. Основные отличительные особенности исходных и предлагаемых изменений по операциям 090 и 100 Шлифовальные, представлены в таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Оборудование – шлифовальный станок с, модель Фортуна. Оснастка – цанговый патрон. Инструменты: Круг шлифовальный. $T_O = 0,87$ ; $T_{шт-к} = 0,99$	Оборудование – шлифовальный станок с ЧПУ quickpoint 3000 Оснастка – Цанговый патрон Инструменты: Специальный Круг $T_O = 0,6$ мин; $T_{шт-к} = 0,92$ мин

Для проведения полной экономической оценки эффективности предложенного совершенствования, необходимы также знание следующих величин:

- программы выпуска изделия, которая, согласно заданию ВКР, составляет 4000 шт.;;
- стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики оборудования, оснастки и инструмента, так как данные величины напрямую оказывают влияние на итоговые результаты расчета;
- нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия, сжатый воздух и т.д.;



- часовые тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении анализируемой операции.

Сначала определяем значения технологической себестоимости выполнения 090 и 100 операций – Шлифовальных. По исходному варианту технологического процесса она составляет 26,25 рублей, а по проектируемому 22,63 рублей. Полученные значения используются, как исходные данные, для определения полной себестоимости операций.

Несмотря на снижение величины полной себестоимости, говорить об экономической целесообразности предлагаемых изменений пока рано. Так как, на этом этапе еще не определена величина капитальных вложений, необходимых для внедрения совершенствований и не известен срок окупаемости данных инвестиций.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, и применяя методику расчета капитальных вложений [25], определим размер необходимых инвестиций. Данная величина составила 400202, рублей и учитывает изменяющиеся позиции (затраты на проектирование, капитальные вложения на инструмент и приспособление) при выполнении анализируемых операций.

Чтобы окончательно удостовериться в целесообразности, предлагаемых изменений, выполним экономические расчеты по определению эффективности внедрения. Согласно методике расчета [25], применяемой в данных случаях, рассчитаем необходимые величины (чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект), на базе которых и будут сделаны соответствующие выводы. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{\text{чисть}}$ , руб.	106512
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}$ , лет	4

Анализируя данные, представленные в таблице 6.2, можно сделать вывод о том, что внедрение предложенных изменений в технологический процесс будет эффективным. Такое заключение позволяет делать ряд представленных величин, а именно:

- положительная величина экономического эффекта – 106512 руб.;
- оптимальное значение срока окупаемости для машиностроительного предприятия – 4 года;

Интегральный экономический эффект, дисконтированная прибыль рассчитывать не требуется, продукт отправляется заказчику, без цели продажи.

Все вышеперечисленные значения демонстрируют о рациональности использования описанных совершенствований, которые касаются операций 090 и 100 технологического процесса изготовления детали.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение данной работы позволило разработать технологический процесс изготовления ступицы переднего колеса, который отвечает всем требованиям, предъявляемым к нему исходя из типа производства.

Для достижения этой цели был проведён ряд мероприятий. Выбран наиболее эффективный метод получения заготовки, приближённый к формам и размерам готового изделия. Разработана маршрутно-операционная технология с использованием современного оборудования и инструмента. Определены наиболее проблемные операции, для которых предложены мероприятия по их модернизации, которые включают в себя проектирование специальной оснастки и режущего инструмента. Также разработаны меры по обеспечению безопасности труда в ходе выполнения техпроцесса. Экономические расчёты подтвердили эффективность предложенного техпроцесса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
2. Звонцов, И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 179 с.
3. ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. – 56 с.
4. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с
5. 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.
6. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
7. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
8. 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.
9. [www.sandvik-coromant.com](http://www.sandvik-coromant.com)
10. [www.int.haascnc.com](http://www.int.haascnc.com)

11. 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.
12. Сибикин, М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник. [Электронный ресурс] / М.Ю. Сибикин, В.В. Непомилуев, А.Н. Семенов, М.В. Тимофеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 308 с.
13. Болтон, У. Карманный справочник инженера-метролога. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2010. — 380 с.
14. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 336 с.
15. Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Н. Сергель. - Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2013. - 732 с.
16. [http://www.artcotools.com/pdf/2014\\_Artco\\_ECI\\_Catalog.pdf](http://www.artcotools.com/pdf/2014_Artco_ECI_Catalog.pdf)
17. <https://www.hoffmann-group.com/US/en/hus>
18. <http://www.junker-group.com>
19. Большагин, Н.П. Технологическая оснастка. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 24 с.
20. Клепиков, В. В. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 345 с.
21. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.
22. 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 с.

23. 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

24. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51 с.

25. Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежа

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A1			17.БР.ОТМП.014.061.000.СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
		1	17.БР.ОТМП.014.061.001	Кулачок сменный	3	
		2	17.БР.ОТМП.014.061.002	Кулачок постоянный	3	
		3	17.БР.ОТМП.014.061.003	Рычаг	3	
		4	17.БР.ОТМП.014.061.004	Ось	3	
		5	17.БР.ОТМП.014.061.005	Шток	1	
		6	17.БР.ОТМП.014.061.006	Шплинт	1	
		7	17.БР.ОТМП.014.061.007	Корпус	1	
		8	17.БР.ОТМП.014.061.008	Передняя часть шпинделя	1	
		9	17.БР.ОТМП.014.061.009	Тяга	1	
		14	17.БР.ОТМП.014.061.014	Крышка	1	
		15	17.БР.ОТМП.014.061.015	Тяга	1	
		16	17.БР.ОТМП.014.061.016	Втулка	1	
		20	17.БР.ОТМП.014.061.020	Внешний корпус	1	
		22	17.БР.ОТМП.014.061.022	Шток	1	
		23	17.БР.ОТМП.014.061.023	Корпус гидроцилиндра	1	
		28	17.БР.ОТМП.014.061.028	Поршень	1	
		30	17.БР.ОТМП.014.061.030	Заглушка	1	
		31	17.БР.ОТМП.014.061.031	Крышка гидроцилиндра	1	
		33	17.БР.ОТМП.014.061.033	Втулка	1	
<b>17.БР.ОТМП.014.061.000</b>						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Бойровский Д.А.				
Проб.		Козлов А.А.				
Н.контр.		Виткалов В.Г.				
Утв.		Логинов Н.Ю.				
<b>Станочное приспособление</b>				Лит.	Лист	Листов
<b>ТГУ, ТМб-1301</b>				В	1	2



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартные изделия		
		10		Винт М10х35 ГОСТ11738-84	6	
		11		Шайба ГОСТ6402-70	6	
		12		Шпонка 10х8х22 ГОСТ23360-70	1	
		13		Винт М3х10 ГОСТ11074-93	3	
		17		Уплотнительное кольцо ГОСТ 9833-73	1	
		18		Винт М10х30 ГОСТ11074-93	2	
		19		Шайба ГОСТ 6402-70	2	
		21		Винт М6х3 ГОСТ11074-93	1	
		24		Кольцо ГОСТ 1567-68	2	
		25		Отбойник ГОСТ 9833-73	2	
		26		Шайба ГОСТ 11371-78	1	
		27		Гайка ГОСТ 5915-70	1	
		29		Кольцо ГОСТ 1567-68	3	
		32		Подшипник ГОСТ 8338-75	2	
		34		Кольцо ГОСТ 1567-68	3	
		35		Стопорное кольцо ГОСТ 13942-86	1	

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>17.БР.ОТМП.014.061.000</b>	Лист
						2

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты



А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	Код, наименование оборудования											
0 19	Точить последовательно поверхности 14, 12, 21, 19, 20, 13, 17, в размер $\phi 21^{+0,3}$ , $\phi 35,5 \pm 0,2$ , $\phi 61 \pm 0,2$											
0 20	$\phi 51 \pm 0,2$ , $68,15 \pm 0,2$ , $36,5 \pm 0,2$ , $29,6 \pm 0,2$ , $32,5 \pm 0,2$											
Т 21	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ24351-80; 392104 Резец токарный контурный CoroTurn Prime тип В											
Т 22	CP-B1108-M5 2025 "Sandvic"; 392152 Резец токарный расточной Т-Max P SNMG 120412-MR 4335 "Sandvic";											
Т 23	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 394253 Диаметр НМ ГОСТ160-80.											
24.												
А 25	XX XX XX 030 4110 Токарная											
Б 26	381101 Токарный HAAS TL-1 3 18217 312 1P 1 1 1 500 1 0,78											
0 27	Точить последовательно поверхности 14, 15, 13, 17, 18, 11, 21, 22 в размер $\phi 22,1^{+0,2}$ , $\phi 34,3 \pm 0,05$ , $\phi 60,5^{+0,15}$											
0 28	$\phi 85 \pm 0,3$ , $36,1 \pm 0,3$ , $29,2 \pm 0,2$ , $67,75 \pm 0,2$ , $24,7 \pm 0,3$											
Т 29	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ24351-80; 392104 Резец токарный контурный CoroTurn Prime тип В											
Т 30	CP-B1108-M5 2025 "Sandvic"; 392152 Резец токарный расточной Т-Max P SNMG 120412-MR 4335 "Sandvic";											
Т 31	392134 Резец токарный Т-Max P 15DNMG-XF A70											
Т 32	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 394253 Диаметр НМ ГОСТ160-80.											
33												
А 34	XX XX XX 040 4110 Токарная											
Б 35	381101 Токарный HAAS TL-1 3 18217 312 1P 1 1 1 500 1 0,71											
0 36	Точить последовательно поверхности 1, 2, 3, 4, 5, 6, 23, 24, 25, 26, 27 в размер $\phi 48^{+0,15}$ , $\phi 51^{+0,2}$ , $\phi 59,8^{+0,2}$											
0 37	$51 \pm 0,2$ , $47,5 \pm 0,3$ , $55,5 \pm 0,2$ , $67,3 \pm 0,2$ , $4 \pm 0,2$											
Т 38	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ24351-80; 392104 Резец токарный контурный CoroTurn Prime тип В											
Т 39	CP-B1108-M5 2025 "Sandvic"; 392152 Резец токарный расточной Т-Max P SNMG 120412-MR 4335 "Sandvic";											
Т 40	392134 Резец токарный Т-Max P 15DNMG-XF A70											
Т 41	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 394253 Диаметр НМ ГОСТ160-80.											
МК												

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глоз	Тшт		
Б	Код, наименование оборудования																	
А 69	XX XX XX	050	4182	Протяжная														
Б 70	381753	Протяжной станок RISH-M	3	16458	312	1P	1	1	1	500	1							0,874
0 71	Протянуть шлицы 28, 14, в размер $\phi 22,65^{+0,05}$ , $\phi 24,77^{+0,25}$																	
Т 72	3396190	Опора шаровая; 392335	Протяжка	ГОСТ25157-82;														
Т 73	394253	Диаметр НМ ГОСТ160-80; 393400	Калибр.															
74																		
А 75	XX XX XX	060	Маячная.															
76																		
А 77	XX XX XX	070	4120	Сверлильная														
Б 78	381210	Сверлильный НААС Дт-1	3	12217	312	1P	1	1	1	500	1							1,7
0 79	Сверлить, зенкеровать, нарезать резьбу на поверхностях 7, 8, 9, 10, в размер М12х1,25-6Н, М8-6Н.																	
Т 80	396190	Оправка цанговая; 391213	Сверло $\phi 6$ и $\phi 10$	ГОСТ 22636-77, 391611	Зенкер $\phi 6,8$ и $\phi 10,8$													
Т 81	ГОСТ 22636-77, 391311	Метчик М12 и М8	ГОСТ 17633-72															
Т 82	393311	Штангенциркуль ШЦ-1	ГОСТ 160-80, 394253	Диаметр НМ	ГОСТ160-80, 393400	Калибры												
83																		
А 84	XX XX XX	080	Термообработка															
85																		
А 86	XX XX XX	090	4131	Шлифовальная.														
Б 87	381311	Станок QUICKPOINT 3000	3	18873	312	1P	1	1	1	500	1							1,17
0 88	Шлифовать поверхности 1, 25, 26 в размер $\phi 58,45_{-0,06}^{+0,06}$ , $\phi 117_{-0,2}^{+0,2}$ , $51,5 \pm 0,2$ , $67 \pm 0,2$																	
Т 89	396190	Патрон цанговый; 397715	Круг шлифовальный специальный															
Т 90	393121	Скода																
91																		
МК																		

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа													
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт			
Б	Код, наименование оборудования																		
A 94	XX XX XX	100	4131	Шлифовальная.															
Б 95	381311	Станок	QUICKPOINT	3000	3	18873	312	1Р	1	1	1	500	1						112
0 96	Шлифовать поверхности 12, 16, 17, 19 в размер $\Phi 34_{+0,018}^{+0,15}$ $\Phi 60,6_{-0,2}^{+0,15}$ , $30,5 \pm 0,2$ , $66,7 \pm 0,2$																		
T 97	396190 Патрон цанговый; 397715 Круг шлифовальный специальный																		
T 98	393121 Скоба																		
99																			
A 100	XX XX XX	110	Мбечная.																
101																			
A 102	XX XX XX	120	Контрольная.																
103																			
A 104																			
105																			
A 106																			
107																			
A 108																			
Б 109																			
0 110																			
T 111																			
112																			
A 113																			
Б 114																			
0 115																			
T 116																			
МК																			

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## Операционные карты









