

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
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, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль)/ специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс изготовления вала распределительного болида  
«Формула Студент»

Студент	<u>В.А. Антонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления вала распределительного болида «Формула Студент». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления вала распределительного болида «Формула Студент» для условий мелкосерийного производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;
- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;
- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;
- по третьему разделу - проведены исследования по повышению стойкости абразивного инструмента;
- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;
- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в 60 страниц, включающую 19 таблиц, 9 рисунков, и графическую часть из 7 листов.

## ABSTRACT

The technological process of manufacturing the shaft of the distribution car "Formula Student". Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti state University, 2019.

The bachelor's work presents the technology of manufacturing the shaft of the distribution car "Formula Student" for the conditions of small-scale production.

Key words: design data, blank, manufacturing method, processing route, processing plan, technological equipment, processing modes, device, tool, safety and environmental friendliness of the project, economic efficiency.

The following results have been achieved in the implementation of bachelor's work:

- section "Introduction" - investigated the relevance and purpose of this work;

- on the first section - investigated the source data for the design of the process parts;

- on the second section – development of technological process is carried out;

- on the third section - researches on increase of durability of the abrasive tool are carried out;

- on the fourth section - measures on safety and environmental friendliness of the project are investigated;

- on the fifth section – the value of economic efficiency of the developed technology is investigated;

- under the section "Conclusion" presents the achievements and conclusions of this work.

Bachelor's work contains an explanatory note of 60 pages, including 19 tables, 9 figures, and a graphical part of 7 sheets.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Анализ исходных данных .....	8
1.1 Служебное назначение детали.....	8
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Технологичность детали.....	10
1.4 Анализ базового варианта техпроцесса.....	10
1.5 Задачи работы.....	11
2 Разработка технологической части работы.....	13
2.1 Выбор типа производства.....	13
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.3 Разработка ТП изготовления детали.....	15
2.4 Выбор средств технического оснащения.....	17
2.5 Разработка операций.....	19
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	20
3.1. Анализ ситуации, которая приводит к необходимости научных исследований .....	20
3.2. Проведение исследований.....	22
3.3. Выводы и рекомендации.....	30
3.4 Патентное исследование шлифовального круга.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	42
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	42
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	42
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	45
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	47
4.6 Заключение по разделу.....	48
5 Экономическая эффективность работы .....	50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

В тольяттинском государственном университете, в течение нескольких лет, реализуется программа «Формула Студент», которая широко известна далеко за пределами нашего университета. Целью данной программы является создание болида «Формула Студент» по правилам «Формула 1».

Согласно техническому регламенту «Формула Студент» существует ограничение по мощности двигателя, поэтому целесообразнее всего будет использовать серийный двигатель мотоцикла модели KDM DUKE. Данная модель наилучшим образом сочетает в себе мощностные и весогабаритные характеристики.

Важнейшей системой, обеспечивающей надежную работу двигателя, является газораспределительная система. Деталь «Вал распределительный» является важнейшей деталью такой системы. Поэтому, тема бакалаврской работы, направленная на создание перспективного технологического процесса изготовления вала распределительного болида «Формула Студент», является актуальной.

Тогда, цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса изготовления вала распределительного болида «Формула Студент» с минимальной себестоимостью.

# **1 Анализ исходных данных**

## **1.1 Служебное назначение детали**

Деталь «Вал распределительный» предназначена для преобразования вращательного движения, от приводного ремня от коленчатого вала, в поступательное движение выпускных клапанов. Данный распредвал является частью газораспределительной системы болида «Формула Студент». Данная система разработана на базе серийной системы мотоцикла модели KDM DUKE. Существенной конструктивной особенностью данной системы является управление одноцилиндровым двигателем посредством четырех клапанов. Для этой цели на распредвале имеются три кулачка, рисунок 1.1. Два крайних кулачка открывают по клапану, а средний кулачек через вилку открывает сразу два клапана.

Важной характеристикой данной детали, является высокая точность кулачков и шеек под подшипники. Выполнение деталью своих функций определяется размерами и формой, заданными на чертеже детали.

В качестве материала «Вала распределительного», примем чугун ВЧ 60, имеющий в своем составе помимо 3-3,6 % углерода, значительную долю кремния, хрома, марганца и других элементов. Основные характеристики: высокая жидкотекучесть (способность заполнять все полости литейной формы); хорошая обрабатываемость; предел прочности при растяжении – 60 кгс/мм<sup>2</sup>; предел прочности при изгибе – 36 кгс/мм<sup>2</sup>; плотность материала – 7,8 Мг/м<sup>3</sup>.

Точность размеров, формы расположения поверхностей, шероховатость выбраны исходя из условий работы детали. Рекомендации по назначению технических требований приведены в [2].

## **1.2 Классификация поверхностей детали**

Анализ поверхностей проводим в соответствии с рисунком 1.1, а

результаты для удобства сведем в таблицу 1.1. Согласно чертежу вала распределительного, базовыми поверхностями являются поверхности 2,21 и торцы 3,20.

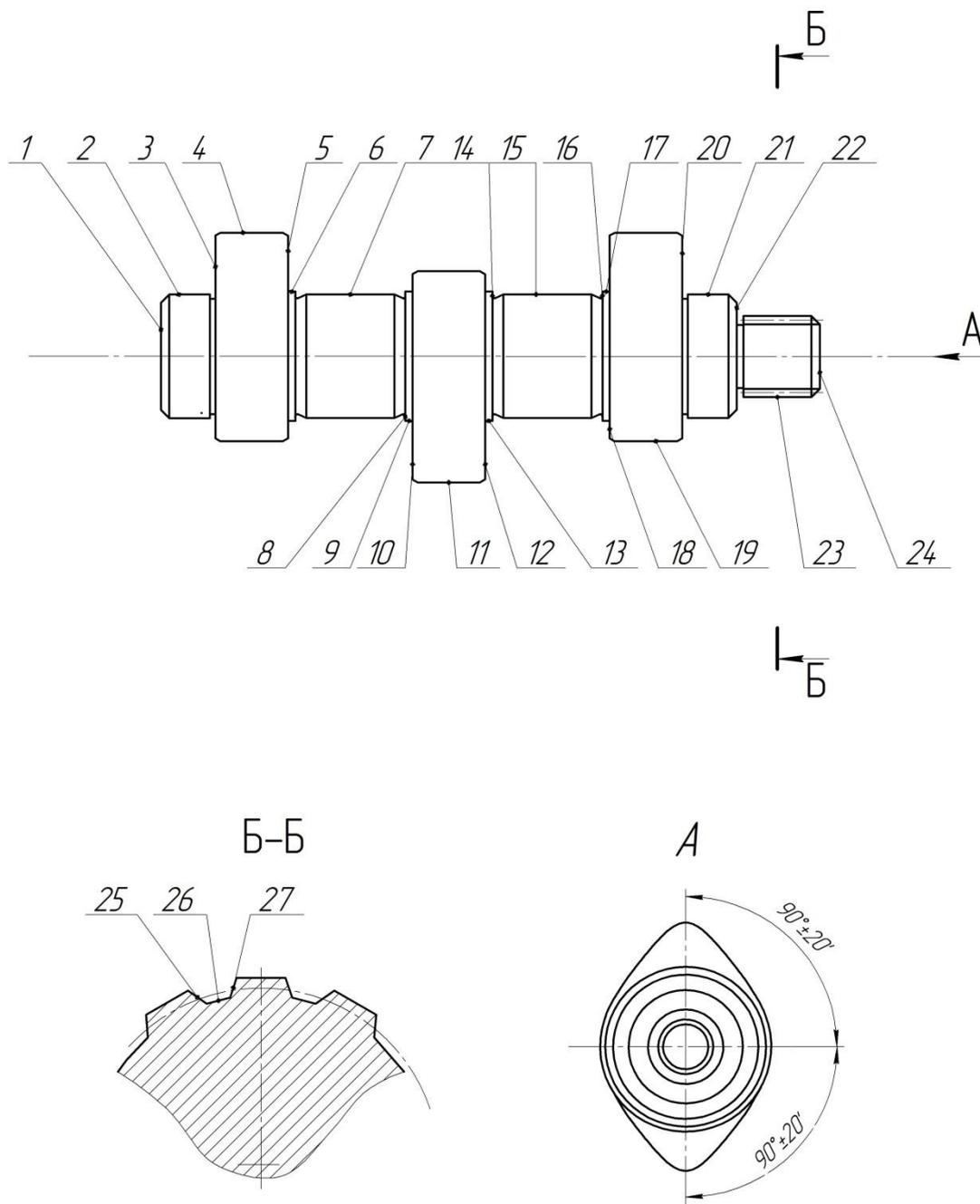


Рисунок 1.1 – Деталь - «Вал распределительный», общий вид

Поэтому, при обработке вала распределительного, можно выполнить принцип постоянства баз и совмещение технологических и измерительных баз.

Таблица 1.1 - Служебное назначение поверхностей детали и технические требования, предъявляемые к ним

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Основные конструкторские базы	2,3,20,21
Вспомогательные конструкторские базы	23
Исполнительные	4,11,19,25,27
Свободные	Остальные

### **1.3 Технологичность детали**

Деталь «Вал распределительный» имеет достаточную жесткость и прочность, что позволяет обеспечить надежную работу изделия в ходе эксплуатации изделия. Наружные поверхности имеют открытую форму, обеспечивающие возможность обработки на проход. Для данной детали предусмотрен удобный подвод режущего инструмента к обрабатываемой поверхности и свободный выход инструмента режущего, при обработке на проход.

Наружные поверхности предварительно можно обработать проходными резцами. Шлицы обрабатываются концевыми фрезами.

### **1.4. Анализ базового варианта техпроцесса**

Распредвал – деталь очень точная. Но заготовку распределительного вала можно получить только литьем в землю, т.к. материал детали – высокопрочный чугун ВЧ ВГ-60-1. Данный способ получения заготовки не является очень точным, и это вынуждает назначать очень большие припуски под дальнейшую механическую обработку. Кроме того, в заготовительном производстве производится обдирка шеек для дальнейшей механической обработки. На линии первой мехобработки деталь базируется уже по этим шейкам.

Вся лезвийная механическая обработка производится на одной автоматической линии «Хонсберг». Вся последующая обработка ведется на отдельных станках.

Одной из самых ответственных операций техпроцесса изготовления любого распредвала традиционно является получение точного контура кулачков на абразивной обработке. На большинстве линий эта операция выполняется на копировально-шлифовальных автоматах.

Специфика этой операции состоит в том, что обработка ведется в условиях переменных режимов резания из-за различной кривизны участков профиля. Переменными при этом являются скорость изделия  $v_1$  и длина площадки контакта инструмента с изделием  $l$ . Это приводит к значительному изменению сил резания и температуры в зоне контакта в течении одного оборота детали и, как следствие, к существенному изменению структуры поверхностного слоя, отклонениям от заданной конфигурации профиля, появлению растягивающих напряжений в поверхностном слое и даже к остаточному прогибу деталей и, конечно же к потере точности обработки и снижению эксплуатационных характеристик вала.

Базовый техпроцесс на этой операции представлен копировально-шлифовальным автоматом фирмы «Шаудт» и фирмы «Шиесс копп». Данное оборудование, на наш взгляд, не решает проблему обработки кулачков с недостаточной точностью и качеством.

Для каждого типа распредвала уже в процессе изготовления приходится корректировать форму копира и кинематику станка.

Использование шлифовальных станков с ЧПУ фирмы «Шиесс копп» позволило бы снизить затраты на изготовление и корректировку копиров, снизить процент брака с 4% до 2%, повысить качество валов и их срок службы.

Однако программа выпуска по заданию не подразумевает использование станков-автоматов. Поэтому в техпроцессе будем использовать преимущественно станки с ЧПУ и обрабатывающие центры.

### **1.5 Задачи работы**

Для достижения цели бакалаврской работы, ранее сформулированной в введении данной работы, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса;
- 2) Рассмотреть тип и спроектировать заготовку;
- 3) Рассмотреть вопросы по созданию технологического процесса;
- 4) Рассмотреть вопросы совершенствования абразивного инструмента;
- 5) Рассмотреть мероприятия по охране труда;
- 6) Определить экономический эффект работы.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор типа производства

Для определения типа производства воспользуемся исходными данными:

Годовая программа изделий  $N = 50$  шт.

Масса детали  $m = 1,5$  кг

Выбор типа производства для детали «Вал распределительный» производим по таблице 2.1:

Таблица 2.1 - Выбор типа производства

Тип/масса	Е	МС	СС	КС	М
8...30 кг	До 10	10...200	200...500	500...5000	Св. 5000
До 8 кг	До 100	100...500	500...5000	5000...50000	Св. 50000
Св.30 кг	До 5	5...150	150...300	300...1000	Св. 1000

На основании табличных данных принимаем мелкосерийное производство. Мелкосерийное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и большим объемом выпуска продукции.

Выпуск и обработка изделий осуществляется партиями, которые разбиваются на отдельные транспортные или передаточные партии. Станки располагаются по ходу технологического процесса. Средний уровень ручных и пригоночных работ. Рабочие средней и высокой квалификации.

### 2.2 Выбор метода получения заготовки

Методами получения заготовки для данной детали может быть только отливка в песчаные формы;

1) Технологическую себестоимость для заготовки рассчитаем как (2.1.):

$$C_T = C_{\text{заг. полная}} \cdot Q + C_{\text{мех}} \cdot (Q - q) - C_{\text{отх}} \cdot (Q - q) \quad (2.1)$$

где,  $C_T$  – себестоимость метода изготовления заготовки;

$C_{\text{заг. полная}}$  – себестоимость заготовки, без учета обработки и отходов;

2) Стоимость литой заготовки, определим по формуле (2.2):

$$C_{\text{заг. полная}} = C_{\text{от.}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \cdot M_{\text{от}} \quad (2.2)$$

где,  $M_{\text{от.}}$  – масса отливки ( $M_{\text{от.}} = 2,1$  кг);

где,  $C_{\text{от}}$  – базовая стоимость метода изготовления одного кг отливки, литьем, руб. (по [4], принимаем  $C_{\text{от1}} = 1,4$  руб.);

$k_T$  – коэффициент, определяющий свое значение по классу точности (для первого класса, принимаем  $k_T = 1,06$ );

$k_c$  – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала и группы сложности отливки (для чугуна ВЧ 60 и третьей группы сложности, принимаем  $k_c = 1,0$ );

$k_b$  – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала и массе отливки (для чугуна ВЧ 60 и её массы: 1) при литье в песчаные формы – 2,1 кг. –  $k_b = 0,84$ ; 2);

$k_m$  – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки (для чугуна ВЧ 60, принимаем  $k_m = 1,24$ );

$k_n$  – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки и группы серийности (для первой группы серийности и для чугуна ВЧ 60, , принимаем  $k_n = 0,52$ ).

Определим стоимость всей заготовки по формуле (2.2):

$$C_{\text{заг.}} = C_{\text{от.}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \cdot M_{\text{от}} = 1,4 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 0,52 \cdot 2,1 = 32,4 \text{ руб.}$$

3)  $Q$  – масса отливки:  $Q = 2,1$  кг;

4)  $q$  – масса распредвала  $q = 1,5$  кг;

5)  $C_{мех}$  – стоимость обработки распредвала, определяем как (2.3):

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (2.3)$$

где,  $C_c$  – затраты за 1 кг стружки,  $C_c = 0,495$  руб./кг;

$E_n$  – коэффициент, по эффективности капитальных вложений,  $E_n = 0,1$ ;

$C_k$  – приведенные капитальные затраты за 1 кг стружки,  $C_k = 1,085$  руб./кг);

Тогда, стоимость обработки распредвала:

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,495 + 0,1 \cdot 1,085 = 0,6035 \text{ руб./кг};$$

б)  $C_{отх}$  – приблизительная стоимость одного 1 кг отходов,  $C_{отх} = 0,0144$  руб./кг).

Технологическую себестоимость заготовки рассчитаем по формуле (2.1):

$$C_T = 32,4 \cdot 2,1 + 0,6035 \cdot (2,1 - 1,5) - 0,0144 \cdot (2,1 - 1,5) = 68,2 \text{ руб};$$

### 2.3 Разработка ТП изготовления детали

Обработку поверхностей детали и формирование технологического процесса приведем ниже в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Технологический маршрут изготовления распредвала

№ пов.	Последовательность обработки	Вид поверхн ости	Квалитет точности	Шероховатость $R_a$ , мкм
1	2	3	4	5
1	Точение-термообработка	П	9	6,3

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
2	Точение-точение термообработка-шлифование	чистовое- Ц	6	0,63
3	Точение -точение термообработка	чистовое- П	7	1,25
4	Точение -точение термообработка	чистовое- Ц	7	1,25
5	Точение-термообработка	П	9	6,3
6	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
7	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
8	Точение-термообработка	П	9	6,3
9	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
10	Точение-термообработка	П	9	6,3
11	Точение -точение термообработка	чистовое- Ц	7	1,25
12	Точение-термообработка	П	9	6,3
13	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
14	Точение-термообработка	П	9	6,3
15	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
16	Точение-термообработка	Ц	9	6,3
17	Точение-термообработка	П	9	6,3
18	Точение-термообработка	П	9	6,3
19	Точение -точение термообработка	чистовое- Ц	7	1,25
20	Точение-термообработка	П	9	6,3
21	Точение -точение термообработка-шлифование	чистовое- Ц	6	0,63
22	Точение	П	9	6,3
23	Точение -точение термообработка	чистовое- Ц	7	1,25
24	Точение-термообработка	Ц	9	6,3

## Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
25	Фрезерование шлиц - термообработка	Э	8	3,2
26	Фрезерование шлиц - термообработка	Ц	8	3,2
27	Фрезерование шлиц - термообработка	Э	8	3,2

Основываясь на данных таблицы 2.2, составим ТП изготовления распредвала.

000 Заготовительная – отливка;

010 Токарнофрезерная:

- переход 1: точение поверхностей

11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24;

- переход 2: точение чистовое поверхностей 11,19,21,23;

- переход 3: фрезерование поверхностей 25,26,27;

- переход 4: точение поверхностей 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10;

- переход 5: точение чистовое поверхностей 2,4.

020 Термообработка;

030 Шлифовальная: шлифовать поверхность 2;

040 Шлифовальная: шлифовать поверхность 21;

050 Моечная;

060 Контрольная.

### **2.4 Выбор средств технического оснащения**

Выбор средств технического оснащения приведен ниже в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Средства технологического оснащения

№ опер.	Наименование оборудования	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
010 Токарнофрезерная	Двухшпиндельный токарнофрезерный обрабатывающий центр GILDENMASTERS	Патрон с делительной головкой самоцентрирующийся – левый, Патрон с делительной головкой самоцентрирующийся – правый	Резец проходной SANDVIC; Фреза концевая SANDVIC; Резец канавочный SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-П., Микрометр
020 Термическая (Шахтная печь)				
030 Шлифовальная	Шлифовальный станок 3У10А	Патрон самоцентрирующийся	Круг шлифовальный АБШЛ 300 20 120 АС4-50/40-Р32-100%	Микрометр
040 Шлифовальная	Шлифовальный станок 3У10А	Патрон самоцентрирующийся	Круг шлифовальный АБШЛ 300 20 120 АС4-50/40-Р32-100%	Микрометр
050 Моечная (Машина моечная)				
060 Контрольная (Приспособление специальное)				

## 2.5 Разработка операций

Расчет режимов резания будем вести по методике, предложенной в сетевом приложении SANDVIC для расчета режимов резания. Данные по расчету представим в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Расчет режимов резания и норм времени

№ операц.	№ перех.	t, мм	T, мин	S <sub>0</sub> , мм/об	V, м/мин	n, мм/об	t <sub>оп</sub> , мин	t <sub>шт</sub> , мин
010	1	2	240	0,3	154,91	1520	0,92	0,95
	2	0,3	240	0,1	164,505	1940	0,65	0,72
	3	0,9	240	0,4	34,08	1400	1,6	2,1
	4	2	240	0,3	17,85	1520	0,75	0,82
	5	0,3	240	0,1	50,155	1940	0,44	0,51
030	1	0,15	-	0,1	30	2500	0,25	0,45
040	1	0,15	-	0,1	30	2500	0,25	0,45

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1. Анализ ситуации, которая приводит к необходимости научных исследований

Распределительный вал двигателя является одной из самых важных деталей ДВС. Для нормального функционирования не только вала, но и двигателя в целом важно, чтобы исполнительные поверхности – кулачки – имели высокую точность, хорошее качество. Именно проблема обеспечения заданного качества и точности при очень высоком темпе выпуска является главной в техпроцессе изготовления распредвала. Материал детали – высокопрочный чугун ВЧ ВГ-60-1. Обработка кулачков состоит из трех абразивных операций. Предварительное шлифование, окончательное шлифование и суперфиниш позволяют получить профиль кулачков по 9-му качеству и шероховатостью  $Ra = 0,2$  мкм. Однако в условиях массового производства возникают затруднения в получении заданных параметров: на поверхности возникают прожоги, трещины, профиль кулачков имеет отклонение от номинального.

Специфика таких процессов состоит в том, что обработка ведется в условиях переменных режимов резания из-за различной кривизны участков профиля. Переменными при этом являются скорость изделия  $v_1$  и длина площадки контакта инструмента с изделием  $L$ . Это приводит к значительному изменению сил резания и температуры в зоне контакта в течении одного оборота детали и, как следствие, к существенному изменению структуры поверхностного слоя, отклонениям от заданной конфигурации профиля, появлению растягивающих напряжений в поверхностном слое и даже к остаточному прогибу детали. Кроме того на поверхности вала возникают трещины.

Точность профиля кулачков зачастую теряется за счет высокой инерции элементов станка, особенно при копировальном шлифовании. После наивысшей точки кулачка, скорость вращения поверхности кулачка

превышает номинальную более чем в 40 раз. Шлифовальная бабка не успевает отслеживать профиль кулачка.

Зачастую на точность и качество кулачка влияют материал шлифовального круга, режимы резания, марка СОЖ.

В базовом варианте техпроцесса установлены режимы резания:

- при черновом шлифовании. Скорость круга  $v_2 = 43$  м/с;  
Угловая частота вращения при предварительном шлифовании  $v_1 = 80$  об/мин, окончательном шлифовании  $v_1 = 40$  об/мин, выхаживании  $v_1 = 40$  об/мин.  
Поперечная подача  $S = 10$  мм/об.
- при чистовом шлифовании Скорость круга  $v_2 = 33$  м/с;  
Угловая частота вращения при предварительном шлифовании  $v_1 = 60$  об/мин, окончательном шлифовании  $n_1 = 30$  об/мин, выхаживании  $n_1 = 30$  об/мин.  
Эти и другие данные приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Режимы резания базового техпроцесса при шлифовании.

Режим обработки	Черновое шлифование	Чистовое шлифование
1	2	3
Скорость круга, м/с	43	33
Угловая частота вращения		
–предварительное шлифование	80	60
–окончательное шлифование	40	30
–выхаживание, об/мин	40	30
Поперечная подача, мм/мин	10	1,5
Подача на оборот детали, мм/об	0,125	0,025
Частота осцилляции круга, дв.ход/мин	100	100
Амплитуда осцилляции, мм	2	2
Припуск на сторону, мм	1,8	0,175
Глубина правки, мм		
–черновая правка	0,025	0,02
–чистовая правка	0,02	0,01
Периодичность правки	2 дет.	2 дет.
Скорость правки, м/мин	0,5	0,1...0,15

Материал шлифовального круга встречается в базовом варианте различных марок и, поэтому, четкого обоснования использования той или иной марки нет.

Итак, на основе анализа ситуации мы получаем проблему: низкие точность и качество получения кулачков на шлифовальных операциях. Следовательно, целью исследований становится повышение вышеназванных параметров обработки.

### **3.2. Проведение исследований**

Для дальнейшей работы по решению вышеназванной проблемы предварительно мы должны провести литературный поиск уже имеющихся материалов исследований в этом направлении. Так как подобная проблема низких показателей точности, качества характерна только для массового производства, то большинство исследований проводилось, либо совместно с ВАЗом, либо на ВАЗе работниками завода. В таблице 3.2. приведена литература, выбранная нами из общего перечня литературы и пригодная для дальнейшего использования в данной работе.

Литературный поиск показал наличие множества подходов к решению проблем низкой точности и шероховатости. Практически все источники относятся к 70м годам, однако даже эти материалы не были востребованы в сегодняшней технологии и ошибки вновь повторяются. Потому, несмотря на относительно большой возраст этих материалов, они будут полезны в наших исследованиях. Зачастую различные результаты носят противоречивый характер.

Так, например, А.В. Гордеев в своей работе занимался исследованием путей повышения эффективности шлифования.

Испытания шлифовальных кругов и следующих абразивных материалов: электрокорунда белого 23А, электрокорунда хромистого 34А, электрокорунда титанистого 37А, монокорунда 44А, карбида кремния черного 53С, карбида кремния зеленого 63С и смесей электрокорунда белого 23А с карбидом кремния черным 54С, монокорунда 44А с электрокорундом

титанистым 37А при шлифовании высокопрочных чугунов показали высокую эффективность кругов из электрокорунда хромистого.

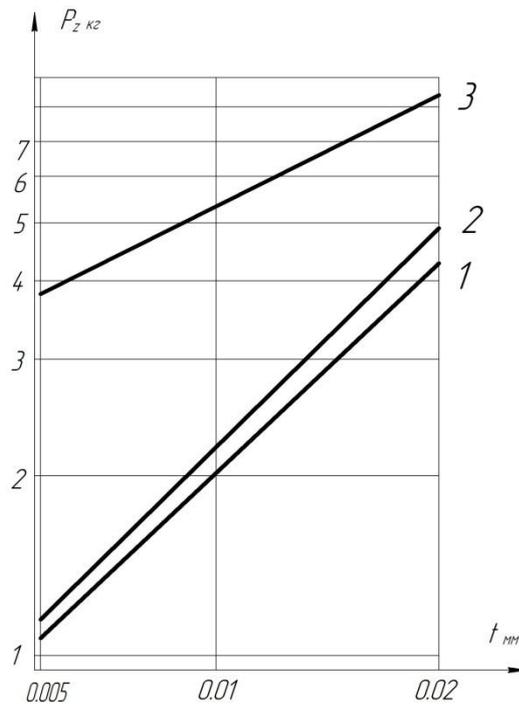
Таблица 3.2 - Перечень просмотренной литературы для решения проблемы низкого качества применительно к ВАЗу

Название	Авторы	Содержание	Примечание
1	2	3	4
Совершенство процесса шлифования кулачков распределительного вала автомобилей «Жигу-ли» «Самара»	УДК621.434-3.002.2 621.923.04 В.В. Иотов, В.П. Бобровский, А.М. Дубинин Технология автомобилестроения №11.1977	Выполнены обзор, исследования путей повышения качества, точности шлифования кулачков распределительного вала. Приведены графики влияния фазы поворота вала на процесс шлифования. Сделаны рекомендации для практического внедрения результатов исследований.	Подлежит использованию
Установка с приводом неравномерного вращения для шлифования сложных поверхностей	УДК 621.924.06 Ю.Н. Логинов «Техно-логия автомобилестроения» №12. 1976 г.	Описана конструктивная схема установки для шлифования деталей со сложной цилиндрической поверхностью с переменной скоростью вращения деталей. Конструкция привода может иметь практическое значение.	Информация устарела
Обработываемость высокопрочного чугуна кругами из различных абразивных материалов	УДК 621.922.02 621/669.13 А.В. Гордеев Технология автомобилестроения №4.1977	Проведенные исследования позволили рекомендовать круги из хромистого электрокорунда для обработки после закалки деталей автомобилей ВАЗ из высокопрочного чугуна	Подлежит использованию
Силы резания и температура при шлифовании сложных цилиндрических поверхностей	УДК621.923 Силы резания и технология автомобилестроения Ю.Н. Логинов №4.1977	Исследованиями установлены зависимости сил резания и температуры в точке контакта со скоростью движения точек профиля обрабатываемой детали относительно инструмента и длины дуги контакта	Подлежит использованию

На рисунке 3.1 показаны зависимости сил резания от глубины шлифования. Поставленная оценка работоспособности кругов проводилась по следующим показателям: нормальному усилию  $P_y$  (Н), окружному усилию  $P_z$  (Н), производительности  $Q$  (г/мин) и удельного расхода абразива,  $q$  (мг/ч) при шлифовании закаленного высокопрочного чугуна. Характеристика кругов: зернистость 25, твердость M2, структура 8, связка K5. Режим шлифования: скорость круга  $v_k = 35$  м/с, продольная подача изделия  $S = 7,2$  м/мин, глубина шлифования за двойной ход: 10, 20 и 30 мкм. На рисунке 3.2 представлены результаты исследования влияния глубины шлифования на среднюю производительность  $Q$  при снятии 50 г металла. Характеристики кругов и режимы шлифования те же, что и в опытах по рис. 8.1. Из графика видно, что производительность шлифования высокопрочного чугуна кругами из монокорунда, титанистого и хромистого электрокорунда выше производительности шлифования кругами белого электрокорунда.

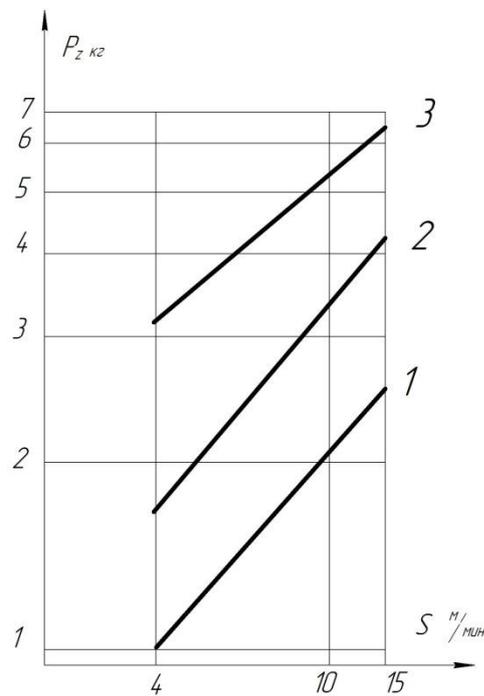
На рисунке 3.3, представлена зависимость удельного расхода абразива  $q$  при со шлифовании 50 г чугуна кругами из различных абразивных материалов.

Сравнительные результаты исследования приведены в таблице 3.3. Показатели процесса шлифования представлены здесь в % к значениям этих показателей при шлифовании кругами из электрокорунда белого и принятых за 100%.



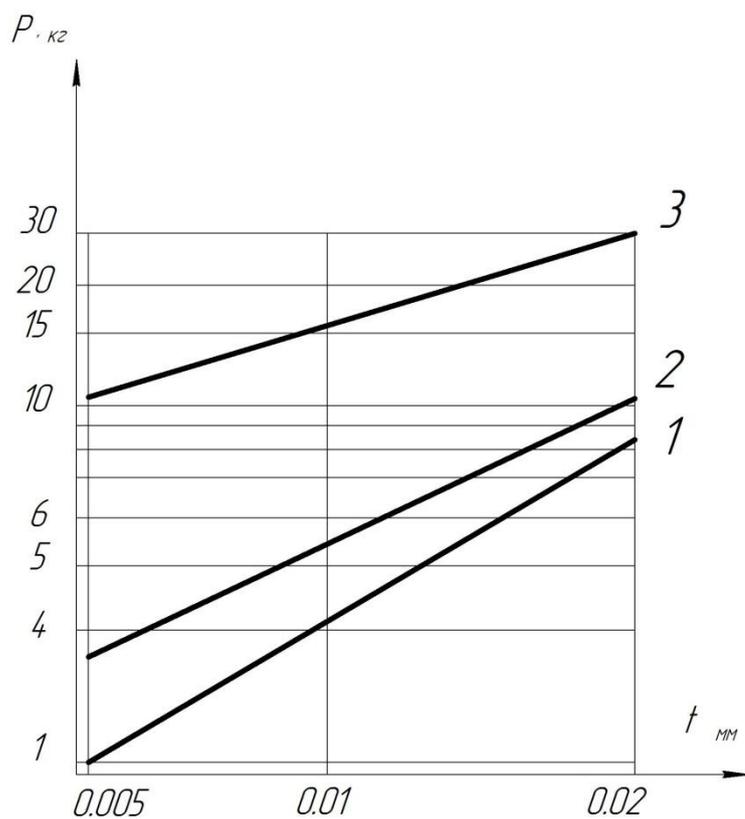
1 - АСО 80/63 -P35-100%; 2 - 24A8HM9K5; 3 - АСв 80/63 M016.

Рисунок 3.1 – Зависимость усилия резания  $P_z$  от глубины резания



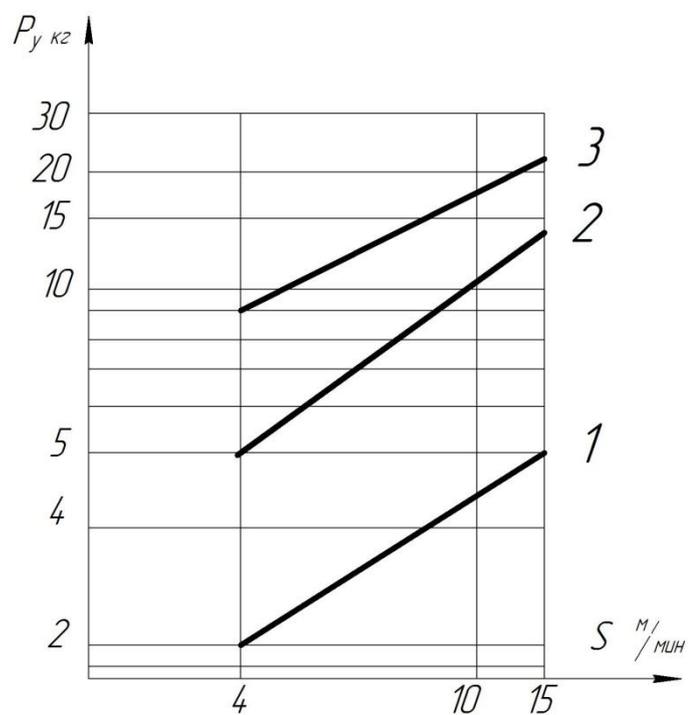
1 - АСО 80/63 -P35-100%; 2 - 24A8HM9K5; 3 - АСв 80/63 M016.

Рисунок 3.2 – Зависимость усилия резания  $P_z$  от подачи



1 - АСО 80/63 -P35-100%; 2 - 24A8HM9K5; 3 - АСв 80/63 M016.

Рисунок 3.3 – Зависимость усилия резания  $P_y$  от глубины резания



1 - АСО 80/63 -P35-100%; 2 - 24A8HM9K5; 3 - АСв 80/63 M016.

Рисунок 3.4 – Зависимость усилия резания  $P_y$  от подачи

Таблица 3.3 - Значения показателей шлифования чугуна ВЧ 75-50-3.

Абразивный материал	Показатели			
	Q, мг/дв.х	Рy, Н	Рz, Н	q, мг/ч
Электрокорунд белый 23А	100	100	100	100
Электрокорунд хромистый 34А	167	76	66	69
Электрокорунд титанистый 37А	140	171	140	120
Карбид кремния черный 53С	102	170	150	210
Карбид кремния зеленый 63С	90	121	131	258

Из таблицы 3.3. видно, что, если оценивать работоспособность исследованных кругов по вышеуказанным критериям, то на первое место следует поставить круги из хромистого электрокорунда.

Другой подход к решению проблемы качества предложен Ю.Н. Логиновым. Проводя анализ процесса обработки кулачков распредвала на ВАЗе, было установлено, что основным недостатком являются прожоги в местах профиля с максимальной кривизной поверхности. На основании выведенных автором зависимостей температуры и силы резания от числа оборотов детали, предложено было:

- уменьшить поперечную чистовую подачу при чистовом шлифовании, т.е. основной припуск снимать за 4...5 оборотов детали вместо трех по базовому техпроцессу;
- увеличить угловую скорость вращения при выхаживании с 30 до 60 об/мин. Это позволит уменьшить усилия резания при снятии основного припуска, температуру в зоне контакта при выхаживании и сохранить, или даже увеличить, производительность при более высоком качестве обработки.

Однако, известно, что существует проблема не только низкого качества, но и низкой точности шлифования. Наиболее комплексный подход наблюдается в работе В.В. Иотова, А.М. Лубинина и др. Здесь проводится анализ действующего оборудования. На момент написания статьи на предприятиях использовались только гидроконтролируемые полуавтоматы.

Обработка по копиру имеет много «плюсов» (высокая производительность, низкая стоимость оборудования), но и еще больше «минусов» (низкое качество, точность). Рабочие поверхности кулачков представляют собой некруглые цилиндрические поверхности переменной кривизны, величина которой изменяется по профилю кулачка в 40 и более раз. В связи с этим, при обработке кулачков такое изменение в широких пределах скорости перемещения места контакта инструмента с деталью, глубины срезаемого слоя, сил и температуры в зоне резания, т.е. процесс резания носит ярко выраженный нестационарный характер. Кроме того, возникают дополнительные трудности, вызванные склонностью термообработанного высокопрочного чугуна к трещинообразованию. Анализ процессов шлифования кулачков распредела показал, что основными факторами, определяющими производительность и качество обработки, являются геометрические параметры профиля кулачка, механические свойства обрабатываемого материала и его структуры, характеристики применяемых шлифовальных кругов и режимы шлифования, тип применяемой СОЖ и динамические характеристики копировальных станков.

Результатом исследования стало предложение использовать круги для чернового шлифования 37A25H6K7 и для чистового шлифования 24A-15A20H6B. Однако отмечено, что еще лучшими показателями работоспособности обладают круги из электрокорунда циркониевого 38A, монокорунда 44A и сложнoleгированного электрокорунда 91A. Одинаковая степень дороговизны не позволяет использовать эти круги с наибольшей эффективностью.

При чистовом шлифовании так же хорошие эксплуатационные свойства показали круги из электрокорунда титанистого 37A.

Проводился анализ существующих марок СОЖ. Однако испытания не показали существенного преимущества какой-либо из следующих марок:

- Укринол-1 (2,0...2,5% водный раствор)
- ОЕ/ST (1,5% водный раствор FIAT)

- МДМ-22-52 (1,5...2% водный раствор) фирма Миллиоли
- S-8265 (2%-водный раствор) фирма Шелл

Это подтверждает целесообразность применения СОЖ дешевой (относительно) марки Укринол-1.

Однако значительно повысить производительность, улучшить точность обработки за счет использования вышеперечисленных методов на станках для обработки некруглых фасонных поверхностей, как правило, не удастся. Увеличение скорости круга и подачи на врезание приводит к повышению количества трещин, появлению прожогов и следов дробления.

Увеличить производительность обработки путем увеличения скорости круга и подачи и скорости вращения детали так не представляется возможным. При увеличении угловой скорости детали, пропорционально увеличивается угловая скорость качания копировальной системы, что приводит к ещё более значительному увеличению инерционных сил подвижных частей.

Так, с увеличением угловой скорости вращения детали на 20% возрастают инерционные силы почти в 1,5 раза, что приводит к значительному снижению точности обработки.

Существует ряд способов повышения производительности, качества и точности обработки фасонных деталей:

- применение скорректированных копиров;
- стабилизация сил резания с помощью адаптивных систем управления процессом обработки;
- увеличение жесткости системы СПИД, снижение инерционных сил за счет снижения массы подвижных частей копировальной системы;
- стабилизация подачи инструмента и сил резания по профилю обрабатываемого профиля за счет применения привода неравномерного вращения заготовки.

Кроме того, уменьшение погрешностей профиля можно достичь также за счет увеличения времени выхаживания и уменьшения глубины резания.

### 3.3. Выводы и рекомендации

Проведенный литературный обзор и его подробный анализ позволили определить основные направления работы по названным проблемам низкой точности и качества. На основании этого анализа выделим, на наш взгляд, наиболее перспективные и реальные мероприятия по совершенствованию 030 и 080 шлифовальных операций. Предположительно, для достижения высоких показателей точности качества, производительности необходимо провести следующий комплекс мер:

1) Использовать марку абразивного материала для шлифовальных кругов:

- на черновом шлифовании – 37A25H6K7;
- на чистовом шлифовании – 24A-15A20H6Б.

Использование материала 34А электрокорунда хромистого все же неэффективно, т.к. приводит, несмотря на хорошие режущие свойства, к большому % брака по прожогам и трещинам.

2) Вместо гидроконтролируемых станков использовать шлифовальные станки с ЧПУ фирмы «Шиесс коп». Это позволит в одном станке совместить, и адаптивность системы управления, и возможность переменной частоты вращения заготовки из-за использования в приводе электрошагового двигателя, и возможность оперативного корректирования профиля кулачка с учетом динамических составляющих системы СПИД.

3) На чистовом шлифовании увеличить частоту вращения заготовки и уменьшить глубину резания, увеличив процесс выхаживания (основной припуск снимать за 4...5 оборотов заготовки вместо трех и увеличить угловую скорость вращения детали при выхаживании с 30 до 60 об/мин).

В случае внедрения предложенных мероприятий мы получаем повышение качества детали и её точности с существенным уменьшением % брака с 10% max до 0,5...1% брака. Произойдет одновременное уменьшение штучного времени.

### 3.4 Патентное исследование шлифовального круга

Задача раздела – на базе патентного поиска предложить прогрессивное техническое решение (ТР) в целях усовершенствования технологической операции и сделать вывод о возможности его использования.

В качестве объекта усовершенствования операции 3-й шлифовальной, как технологической системы примем, применяемый в базовом техпроцессе круг шлифовальный. Выявить прогрессивные решения, которые могут лечь в основу усовершенствованного объекта, можно в результате патентного исследования достигнутого уровня вида техники «Круг шлифовальный». Использовать усовершенствованный объект можно только в том случае, если он обладает патентной чистотой в странах, где предполагается его использование. Установить, обладает ли усовершенствованный объект патентной чистотой можно в результате его патентной экспертизы.

Для решения этих задач проведем исследование достигнутого уровня вида техники «Круг шлифовальный» и экспертизу патентной чистоты усовершенствованного объекта.

В базовом варианте для предварительного шлифования кулачков вала на 30-й операции применяют шлифовальные круги ПП. Изображение шлифовального круга представлено на рисунке 3.5.

Шлифовальный круг содержит зерна 1 из белого электрокорунда 25А, соединенные между собой керамической связкой 2 (индекс материала К6). По количеству пор 3 в круге он относится к средним структурам. Его твердость СМ1 – т.е. среднемесячный. Размер зерна круга – 160 мкм. Форма данного круга – ПП (прямая профиля).

Шлифовальный круг работает следующим образом. Абразивными зернами 1, расположенными на внешней рабочей поверхности круга, происходит снятие с поверхности заготовки 4 слоя материала в виде стружки 5, которая удаляется из зоны резания струей СОЖ. При засаливании, т.е. потере режущей способности круга в результате обволакивания зерен и

забивания пор шламом, производят правку круга алмазным роликом и вновь приводят его в работоспособное состояние.

Недостатком данного шлифовального круга является появление прожогов на обрабатываемой поверхности заготовки, вследствие несовершенной конструкции круга и значительное засаливание рабочей режущей поверхности, вследствие неоптимального соотношения связки и пор, обуславливающих твердость абразивного инструмента.

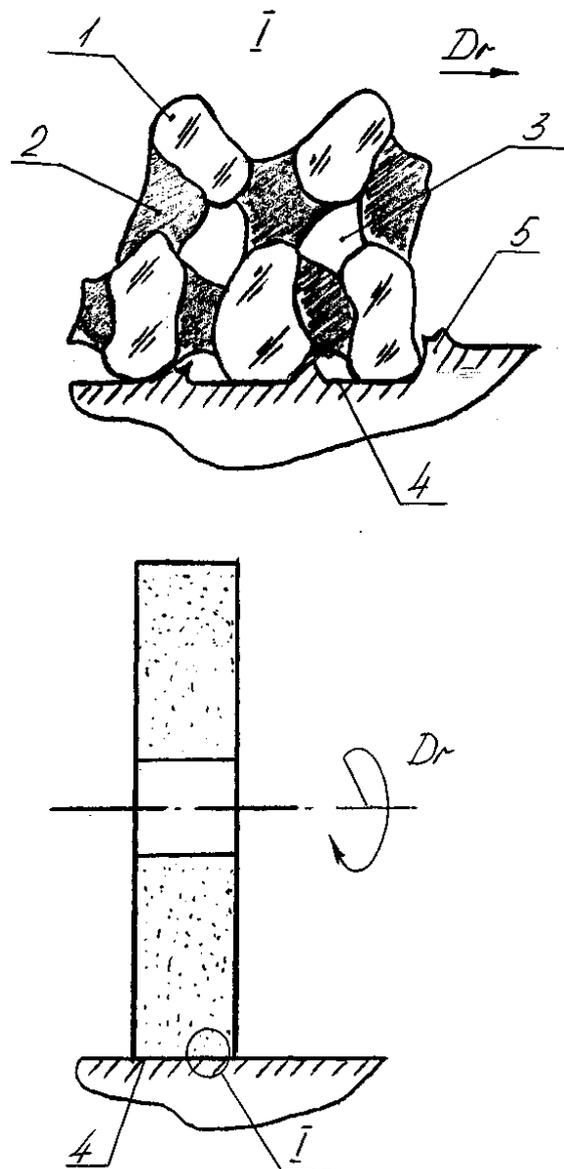


Рисунок 3.5 – Круг шлифовальный

Как уже было ранее сказано, в процессе обработки на поверхности образуются прожоги. Обрабатываемым таким кругом, предъявляются очень высокие требования по точности и по качеству. Поэтому, чтобы в процессе обработки точность не терялась, очень важна стойкость круга. Именно по этому показателю круг не удовлетворяет требованиям производства и технологии. Отсюда, цель исследования достигнутого уровня вида техники «Шлифовальные круги», является усовершенствование исследуемого круга за счет устранения недостатков, указанных в описании объекта, а именно: устранение прожогов на обрабатываемой поверхности заготовки за счет усовершенствования конструкции круга и уменьшение засаливания рабочей режущей поверхности за счет оптимизации соотношения связки и пор, обуславливающая твердость абразивного материала.

Регламент поиска определяет перечень исследуемых технических решений (ИТР), их рубрику по международной классификации изобретений (МКИ) и индекс Универсальной десятичной классификации (УДК) страны поиска, его ретроспективность (глубину), перечень источников информации, по которым предполагается произвести поиск.

Шлифовальный круг характеризуется конструктивными признаками – наличие элементов, их формой, материалом, размерами, взаимным расположением, взаимосвязью. Это признаки устройства. Признаки способа и вещества отсутствуют. Следовательно, как объект изображения представляет устройство.

Исследуемый объект – шлифовальный круг – содержит следующие ТР:

- а) Шлифовальный круг, общая компоновка;
- б) Шлифкруг, форма режущей части;
- в) Материал режущей части;
- г) Способ изготовления шлифкруга;
- д) Шлифование – техпроцесс, положенный в основу работы шлифовального круга.

Из выявленных ТР выбираем ИТР – такие ТР, совершенствование которых может обеспечить достижение сформулированной выше цели – устранение прожогов на обрабатываемой поверхности заготовки за счет усовершенствования конструкции круга будем исследовать ТР: шлифовальный круг, общая компоновка.

Для определения рубрики МКИ ИТР «Шлифкруг, общая компоновка» определяем ключевое слово «Шлифование». По алфавитно-предметному указателю определяем предполагаемую рубрику В24. По указателю МКН раздел В уточняем рубрику МКИ.

В 24D 5/00 – Абразивные круги с цементирующими веществами или круги со вставными абразивными брусками для обработки изделий своей периферийной частью; втулки и крепежные приспособления для них;

В 24D 5/06 – Круги со вставными абразивными брусками, например, сегментные;

В 24D 5/10 – Круги с охлаждением, например, с радиальными пазами для охлаждения.

В 24D 7/00 – Абразивные круги с цементирующими веществами или круги со вставными абразивными брусками для обработки изделий иначе, чем своей периферийной частью, например, работающие передней лобовой поверхностью; втулки и крепежные приспособления для них;

В 24D 7/06 – Круги со вставными абразивными брусками, например, сегментные;

В 24D 7/10 – Круги с охлаждением, например с радиальными пазами для охлаждения.

Индекс к УДК определяется по указателю к УДК:

621.9 – обработка резанием (способы – технология) инструменты, машины, оборудование;

621.922 – абразивные (шлифовальные) инструменты, шлифовальные круги;

621.922.02 – шлифовальные или полировальные инструменты;

621.922.025 – шлифовальные круги;

621.922.025:539.531 – твердость шлифовальных кругов.

В качестве стран поиска выбираем ведущие страны в области машиностроения – Россию (СССР), Великобританию, Германию, США, Францию и Японию.

Ретроспективность (глубину) поиска устанавливаем в 20 лет, полагая, что наиболее прогрессивные ТР содержатся в изобретениях, сделанных за последнее двадцатилетие.

В качестве источников информации принимаем источники, имеющиеся в библиотеке ТГУ:

- 1) бюллетень «Открытия, изобретения»;
- 2) реферативный сборник «Изобретения стран мира»;
- 3) реферативный журнал ВИНТИ 14А «Резание металлов»;
- 4) журнал «Станки и инструменты»;
- 5) описание к авторским свидетельствам и патентам;
- 6) технические журналы и книги в области мехобработки.

Данные заносим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Регламент поиска

Объект: Шлифовальный круг, общая компоновка.				
Вид исследования: Исследование достигнутого уровня развития вида техники.				
Предмет поиска	Страна поиска	Индексы МКИ и УДК	Глубина поиска, лет	Источники информации
1	2	3	4	5
1) Шлифов. круг, общая компоновка	РФ, СССР, Великобритания, Франция, США, ФРГ, Япония	МКИ B24D5/06 B24D5/10 УДК 621.9 621.922	20 (1976-1996)	Описание к авторским свидетельствам и патентам
				Оптимальный бюллетень РФ «Изобретения»
2) -//-//-	СССР	-//-//-	РФ 20 лет. (1976-1996)	Реф. сб. ВНИИПИ «Изобретения стран мира»

Продолжение таблицы 3.4

				Реф. журнал ВИНТИ 14А «Резание металлов, станки и инструменты»
				Журналы: «Вестник машиностроения», «Машиностроитель», «Изобретатель и рационализатор»
				Книги и работы в области обработки резанием

Просматриваем источники информации в соответствии с регламентом, таблицы 3.4. Выбираем такие документы, по названиям которых можно предположить, что они имеют отношение к ИТР. По этим документам знакомимся с рефератами, аннотациями, формулами изобретений, чертежами. Сведения о ТР, имеющих отношение к ИТР, заносим в таблицу 3.5 и 3.6.

Изучаем сущность занесенных в таблицы 3.5 и 3.6. ТР по сведениям, содержащимся в таблицах, а также путем просмотра текстов патентных описаний, статей и т.п. Если из рассмотрения сущности ТР видно, что оно служит достижению той же цели, что ИТР (аналог ИТР), документ включаем в перечень для детального анализа. Запись об этом делаем в графе 5 таблицы 3.5.

Таблица 3.5 – Сущность изобретений

Предмет поиска (ИТР)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Автор, заявитель, страна, дата приоритета, дата публикации, название	Сущность технического решения и цель его создания	Подлежит (не подлежит) детальному анализу	
				достигнутого уровня	патентной чистоты
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
Шлифкруг	СССР Ас. 1806050 МКИ В24 D5/10, №4941959108	Спинов Ю.С. и др. СССР Заявл. 29.04.91	Для повышения эффективности шлифования путем обеспечения равномерного распределения СОЖ по периферии круга 1, каналы 2 выполнены в виде расположенных на каждом из торцов круга, смещенных относительно друг друга в окружном направлении и открытом со стороны торцов плоскостей, стенки которых наклонены в сторону периферии круга. На каждом из торцов круга полости, расположенные с перекрытием и вне рабочей зоны круга	подлежит	подлежит
Шлифкруг	Япония Заявка №6124149	К.Н. Оцуки – заявитель Япония ИСМ 87 г. №2 Слоистый шлифовальный круг	Круг, образованный наслоением тонких абразивных дисков 1 с зазором 2, отличается тем, что зазоры между плоскими участками дисков образуются в результате того, что на поверхности одного диска выполнены резьба 3, которая при укладывании дисков один на другой, входит во впадины 4, образования 4, образования на поверхности соседнего диска 5	подлежит	подлежит
Шлифкруг	СССР Ас. №1281393 МКИ В24 D7/06 УДК 621.922.079	Заявитель – СССР А.П. Чуриков, В.Г. Гусев и др. 02.01.85 – подача заявки. РЖ – 87 г. №4 Сборный абразивный круг	Цель – упрощение конструкции снижением числа крепежных элементов. На одном торце корпуса 1 выполнены окружные прерывистые концентр. выступы 2 и 3, а на абразивных сегментах 4 выполнены соответствующие указанным окружные концентрические канавки 5,6 для контакта с указанными выступами при сборке круга. Фланец 7 выполнен в виде диска с вырезами 8 под абразивные сегменты и имеет радиальные пазы 8, с помощью которых происходит прижатие абразивных сегментов к корпусу по уступам с коническим дном при затягивании болтов 9	подлежит	Подлежит

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
Шлифкруг	СССР Ас. 1404314 МКИ В24 D5/10	СССР А.И. Чертенко, А.П. Трешук и др. СССР 23.09.86 – подача заявки опублик. в БИ – 86 г. №23	Шлифкруг, содержащий полый корпус 1, расположенные на его поверхности режущие элементы 2 и трубопроводы подачи охлаждающей среды в полость корпуса и удаления её, отличающийся тем, что с целью повышения интенсивности охлаждения круг снабжен расположенными в его полости, коаксиально его оси, полые тором 3 с 2 штуцерами 4 на одном его торце и 2 патрубками 5 разной длины на его боковой поверхности, при этом один из штуцеров связан с трубопроводом подачи охлаждающей среды, а второй – с коротким патрубком и трубопроводом удаления охлаждающей среды	подлежит	подлежит

Таблица 3.6 – Оценка преимуществ и недостатков аналогов.

Показатели положительного эффекта	ИТР	Аналоги					
		А.С.СССР 1806050	Заявка Япония 6124149	А.С.СССР 1281393	А.С.СССР 1404314	А.С.СССР 1311919	СССР УДК 621.922. 025.001.24
1	2	3	4	5	6	7	8
а) показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования							
1. Отсутствие прожогов на обрабатываемой поверхности	0	4	4	4	5	4	4
2. Улучшенная конструкция круга	0	4	4	4	4	4	4
б) показатели, усиливающие полезные свойства объекта							
1. Сложность круга	0	2	-1	-1	-2	-2	2
2. Стойкость круга	0	0	0	1	0	1	1
3. Прочность круга	0	1	1	0	-2	-1	2
4. Износостойкость круга	0	0	0	1	0	1	1
в) показатели, ослабляющие вредные свойства объекта							
1. Удобство эксплуатации инструмента	0	1	1	0	-2	-1	2
2. Трудоемкость изготовления круга	0	1	0	0	-2	-2	2
Суммарный положительный эффект	0	21	16	17	9	13	27

Устанавливаем, какие показатели положительного эффекта желательно получить в идеальном усовершенствованном объекте.

К таким показателям будем относить:

- а) показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствованного объекта;
- б) показатели, улучшающие полезные свойства объекта;
- в) показатели, ослабляющие вредные свойства объекта.

Показатели положительного эффекта заносим в таблицу 3.5.

Оцениваем обеспечение каждого показателя положительного эффекта каждым аналогом в баллах по группе а) от 0 до 5 баллов, по группам б) и в) от –2 до 2 баллов. ИТР по каждому показателю выставляем оценку 0. Оценки заносим в таблицу 3.5. Суммируем оценки по каждому аналогу.

Видим, что наибольшую сумму баллов имеет аналог «Шлифовальный круг с прерывистой рабочей поверхностью», авторы Дегтяренко С.М. и др. В этом ТР в наибольшей степени обеспечивается цель.

Следовательно, данное ТР является наиболее прогрессивным. Его принимаем для использования в усовершенствованном объекте «Шлифовальный круг».

Описание усовершенствованного объекта.

Целью настоящего изобретения является устранение прожогов на обрабатываемой поверхности заготовки путем совершенствования конструкции круга.

Цель достигается тем, что на периферии шлифовального круга образуют пазы, причем пазы имеют формы спирали для обеспечения постоянной площади контакта изделия и круга, что уменьшает вибрации. Таким образом, заявленное техническое решение соответствует критерию «новизна».

Шлифкруг со спиральными пазами предназначен для окончательной обработки деталей типа вал.

Шлифкруг, рисунок 3.6, содержит корпус 1 с установочным отверстием 2 с выточкой 3. На периферии круга выполнены спиральные пазы 4. Круг состоит из зерен 5 из белого электрокорунда 25А, соединенных между собой керамической связкой 6. По количеству пор 7 в круге он относится к средней структуре.

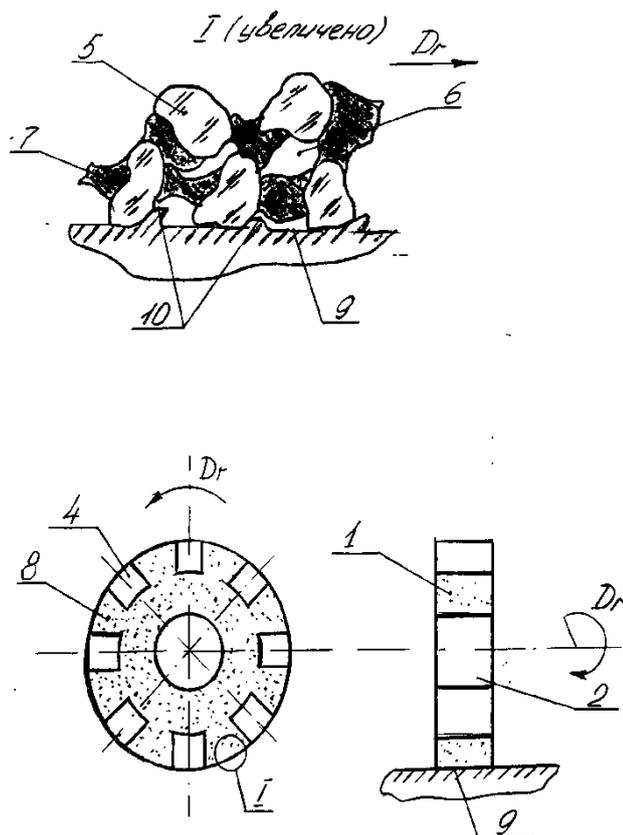


Рисунок 3.6 – Круг шлифовальный со спиральными пазами.

Шлифкруг со спиральными пазами работает следующим образом. Абразивными зернами 5, расположенными на внешней рабочей поверхности выступов 8 круга, происходит снятие с поверхности заготовки 9 слоя материала в виде стружки 10, которая удаляется из зоны резания струей СОЖ. При вращении круга далее, после выступа, вступает в работу паз, который не имеет соприкосновения с заготовкой. В это время происходит охлаждение поверхности заготовки 9 воздухом и СОЖ. Пазы 4 шлифкруга имеют форму спирали, что обеспечивает практически постоянную площадь

контакта заготовки и круга, в результате чего уменьшаются вибрации при вращении шлифовального круга.

Недостатком данного шлифовального круга является значительное засаливание рабочей режущей поверхности выступов, вследствие неоптимального соотношения связки и пор, обуславливающих твердость абразивного инструмента

Поскольку усовершенствованный объект «Круг шлифовальный» взят из научно-технической литературы и представляет собой не запатентованное предложение, то необходимости в проведении на патентную чистоту нет.

## 4. Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности технического объекта для наглядности представим в виде таблиц 4.1 – 4.8.

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Технологический процесс	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Материалы, вещества	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Токарнофрезерная	Точение профиля	Оператор станков с ЧПУ	Охлаждающая эмульсия, стружка	Приспособление специальное

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

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
Токарнофрезерная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях	Обрабатываемая заготовка,

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики
Опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 4.4 – 4.6 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка распредвала	Токарнофрезерный станок	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
1	2	3	4	5	6	7
Пенные огнетушители, ящики с песком, боты, ломы	Автомобили пожарные мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента

Таблица 4.6 – 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 4.6

1	2	3
Технологический процесс изготовления распредвала	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негоряемом ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

**4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

1	2	3	4	5
Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое 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

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Технологический процесс изготовления распредвала	Станок токарный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления распредвала
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

#### 4.6 Заключение по разделу

Выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления распредвала, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению детали и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по

обеспечению экологической безопасности технического объекта.

## 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.

На шлифовальной операции 040 применяется:

- шлифовальный станок, модель ЗУ10А;
- патрон 3-хкулачковый самоцентрирующий, центр;
- абразивная лента, круги шлифовальные: 37А 25 СТ1 7 К1, 37А 40 С21 6 К1 и 14А 16 С1 ЗБ.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 0,4 мин., а штучное – 1,1 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [10] была определена сумма инвестиций, которая составила 1083,65 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [10], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 040 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 22,4% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления вала распределительного составит 4,69 руб.

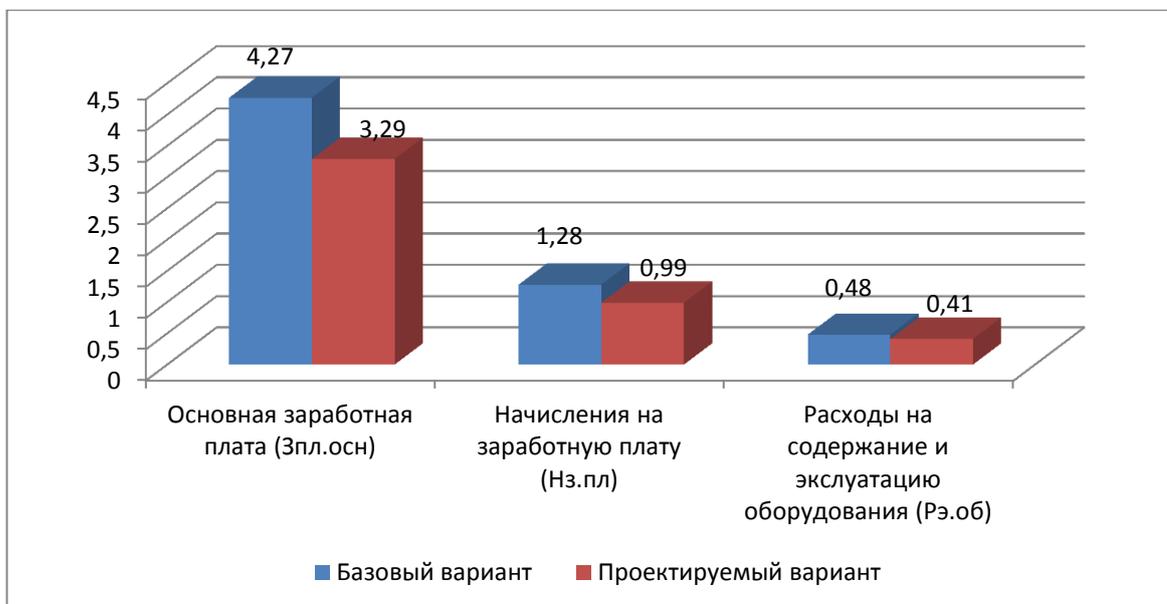


Рисунок 5.1 – Величина показателей, входящих в технологическую себестоимость детали «Вал распределительный», по сравниваемым вариантам, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость выполнения операции 040 (рисунок 5.2).

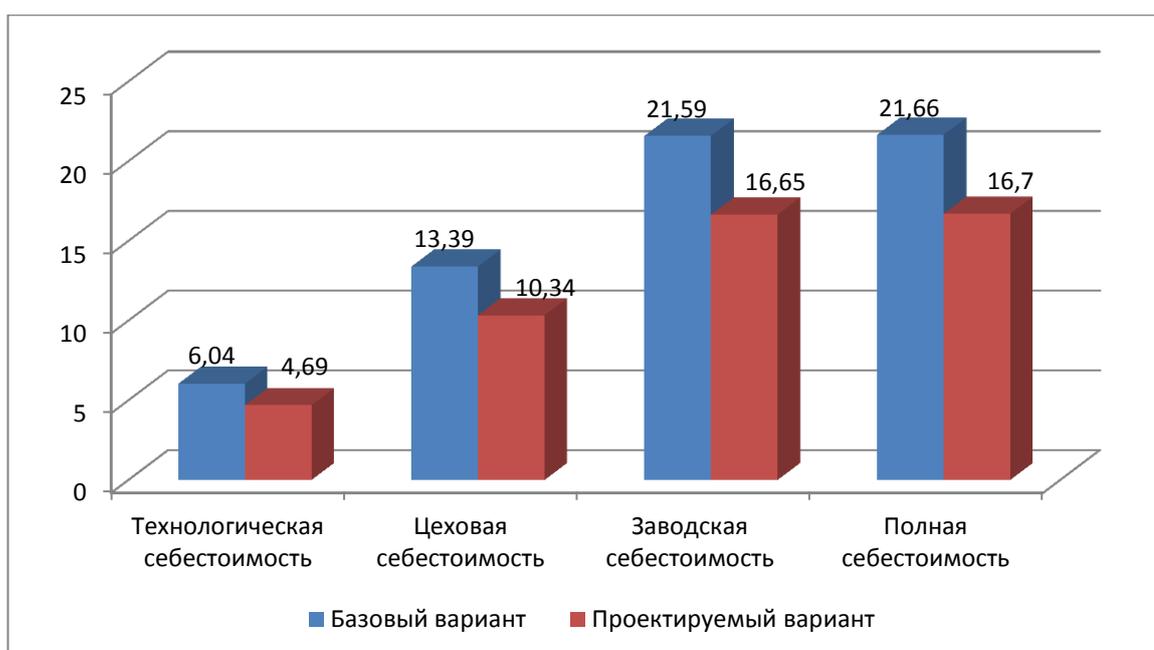


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 040, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 21,66 руб., а в проектируемом – 16,7 руб. Изменения по данному показателю составило 22,9%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 396,8 руб., что окупит предполагаемые инвестиции, в объеме 1083,65 руб., в течение 4-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 173,81 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,16 рублей на каждый вложенный рубль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;

- по третьему разделу - проведены исследования по повышению стойкости абразивного инструмента;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии, величина чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), составляет 173,81 рублей;

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса изготовления вала распределительного болида «Формула Студент» с минимальной себестоимостью, достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбачевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартиформ, 2010. – 35 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию

технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

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

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

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

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

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

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

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. / J.P. Davim, - A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p.

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining / J.P. Davim, - Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J.P. Machining / J.P. Davim, - Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 p.

22 Jackson, Mark. Machining with Abrasives Springer, / Mark Jackson, - New York, 2011. 439 p.

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer / F. Klocke, -Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, - 433 p.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, - 265 p.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

## **Маршрутная карта**



## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

### **Операционная карта**

