

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 быстросъемной ступицы болида

«Формула Студент»

Студент	<u>Д.Ю. Строев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Л.А. Резников</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 быстросъемной ступицы болида «Формула Студент». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления быстросъемной ступицы 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 – произведено проектирование станочного приспособления и совершенствование специального инструмента на базе литературных исследований;
- 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 размере 51

страницы, содержащую 11 таблиц, 5 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

ABSTRACT

The technological process of making a quick-detachable hub of the car "Formula Student". Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti state University, 2019.

The bachelor's work presents the technology of manufacturing a quick-detachable hub of the 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 initial data for the design of the process parts;

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

- on the third section – design of the machine tool and improvement of the special tool on the basis of literary researches is made;

- 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 in the amount of 51 pages containing 11 tables, 5 figures, and a graphic part containing 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.....	9
1.4 Задачи работы.....	10
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Выбор типа производства.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.3 Разработка ТП изготовления детали	15
2.4 Выбор средств технического оснащения	16
3 Проектирование специальных средств оснащения	18
3.1 Проектирование приспособления.....	18
3.2 Проектирование специальной протяжки.....	25
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	29
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	29
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	29
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	30
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	32
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	34
4.6 Заключение по разделу.....	35
5 Экономическая эффективность работы	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	41
ПРИЛОЖЕНИЕ А	44
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	47
ПРИЛОЖЕНИЕ В	49

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим элементом в современном техническом развитии является применение прогрессивных технологий в промышленной продукции. С этой целью проводятся различные теоретические и экспериментальные исследования. При этом, прежде чем применить данные технологии в промышленной продукции их необходимо «обкатать», «довести до ума» на опытных образцах или партиях продукции. Также для этой цели хорошо подходят спортивная, игровая продукция. Наилучшим примером такого подхода служит знаменитая «Формула 1», где происходит «обкатка» самых прогрессивных технологий в области автомобилестроения.

Однако, такой подход сопряжен с серьезными финансовыми затратами. В нашем университете используется более простой и эффективный подход, а именно создание болида «Формула Студент» по правилам «Формула 1», но имеющего себестоимость в десятки раз меньше. Кроме этого данная программа - «Формула Студент» несет еще и образовательную функцию. Поэтому, можно утверждать, что тема данной работы, направленная на создание деталей для болида «Формула Студент» является актуальной.

Цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса изготовления быстросъемной ступицы болида «Формула Студент» с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь «Ступица быстросъемная» предназначена для быстрой замены и крепления рулевого колеса болида «Формула Студент», является важной частью рулевого механизма, оказывающая существенное влияние на качество его работы. Выполнение деталию своих функций определяется размерами и формой, заданными на чертеже детали. Кроме этого данная деталь - «Ступица быстросъемная» может быть использована в рулевом механизме болида «Формула 1».

В качестве материала «Ступицы быстросъемной», примем сталь – 27Х5ГСМЛ ГОСТ977-88. Основные характеристики: высокая вибростойкость (способность гасить вибрации, по отношению к другим сталям и др.); хорошая обрабатываемость; предел прочности при растяжении – 142 кгс/мм²; предел прочности при изгибе – 65 кгс/мм²; плотность материала – 7,85 Мг/м³.

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 ступицы, базовыми поверхностями являются отверстие 10 и торец 1. Поэтому, при обработке ступицы, можно выполнить принцип постоянства баз и совмещение технологических и измерительных баз.

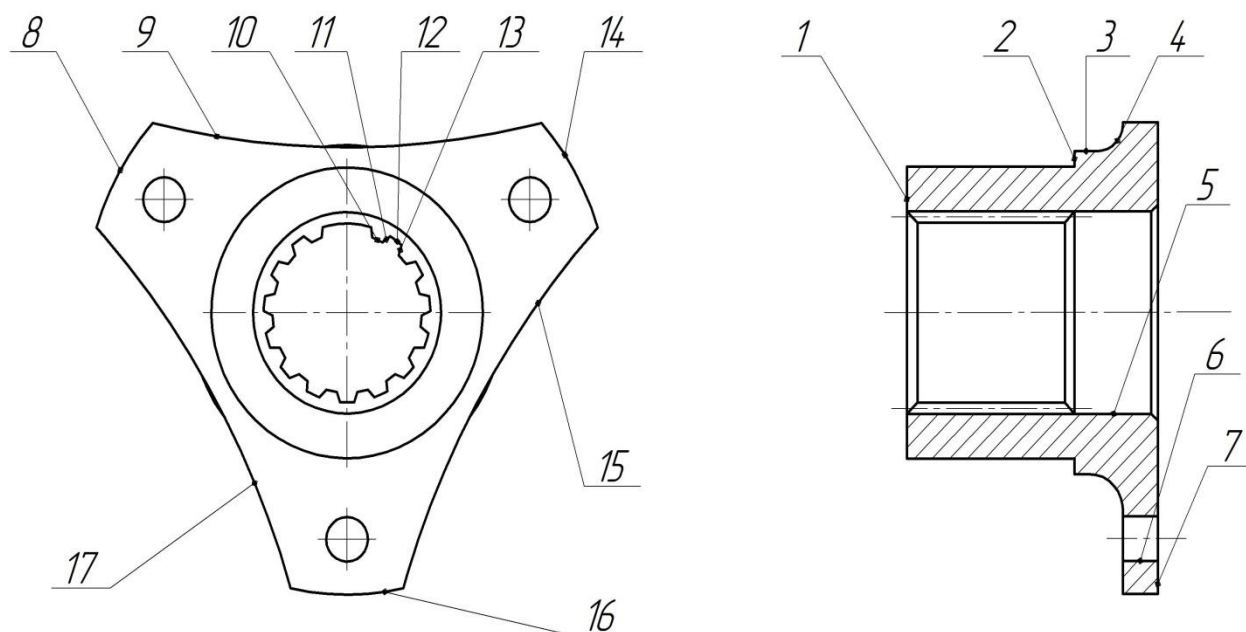


Рисунок 1.1 – Деталь - «Ступица быстросъемная», общий вид

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

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Основные конструкторские базы	1,10
Вспомогательные конструкторские базы	5,7,8,9,14,15,16,17
Исполнительные	11,13
Свободные	Оставшиеся не указанные поверхности

1.3 Технологичность детали

Деталь «Ступица быстросъемная» имеет достаточную жесткость и прочность, что позволяет повысить режимы обработки в условиях, исключающих возникновение вибрации. 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 инструмента при обработки на проход.

Наружные поверхности предварительно можно обработать проходными резцами и концевыми радиусными фрезами. Внутренние

отверстия обрабатываются шлицевой протяжкой и спиральными сверлами.

1.4 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 проектирования приспособления и специального 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 $N = 100$ шт.

Масса детали $m = 0,34$ кг

Выбор типа производства для детали «Ступица быстросъемная» 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

Альтернативными методами получения заготовки являются:

- 1) литье в песчаные формы;
 - 2) литье в керамические 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 ($M_{\text{от1.}} = 0,43$ кг; $M_{\text{от2.}} = 0,4$ кг.);

где, $C_{\text{от}}$ – базовая стоимость метода изготовления одного кг отливки, литьём, руб. (по [4], принимаем $C_{\text{от1.}} = 1,4$ руб.; $C_{\text{от2.}} = 1,7$ 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 стали 27Х5ГСМЛ и третьей группы сложности, , принимаем $k_c = 1,0$);

k_b – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала и массе отливки (для стали 27Х5ГСМЛ и её массы: 1) при литье в песчаные формы – 0,43 кг. – $k_b = 0,84$; 2) при литье в керамические формы – 0,4 кг. – $k_b = 0,84$);

k_m – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки (для стали 27Х5ГСМЛ, принимаем $k_m = 1,24$);

k_n – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки и группы серийности (для первой группы серийности и стали 27Х5ГСМЛ, , принимаем $k_n = 0,52$).

Определим стоимость всей заготовки полученной различными способами по формуле (2.2):

$$\begin{aligned} C_{\text{заг. полная1}} &= C_{\text{от1.}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \cdot M_{\text{от1}} = \\ &= 1,4 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 0,52 \cdot 0,43 = 12,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$C_{\text{заг. полная}2} = C_{\text{от}2} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{п}} \cdot M_{\text{от}2} = 1,7 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 0,52 \cdot 0,4 = 13,7 \text{ руб.}$$

3) Q – масса отливок: $Q_1 = 0,43$ кг; $Q_2 = 0,4$ кг;

4) q – масса ступицы $q = 0,34$ кг;

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

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

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

E_n – нормативный коэффициент, определяющий свое значение 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 ступицы:

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

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

Технологическую себестоимость заготовки рассчитаем по формуле (2.1):

$$C_{\text{T1}} = C_{\text{заг. полная}1} \cdot Q_1 + C_{\text{мех}} \cdot (Q_1 - q) - C_{\text{отх}} \cdot (Q_1 - q) = 12,5 \cdot 0,43 + 0,6035 \cdot (0,43 - 0,34) - 0,0144 \cdot (0,43 - 0,34) = 52,11 \text{ руб};$$

$$C_{\text{T2}} = C_{\text{заг. полная}2} \cdot Q_2 + C_{\text{мех}} \cdot (Q_2 - q) - C_{\text{отх}} \cdot (Q_2 - q) = 13,7 \cdot 0,4 + 0,6035 \cdot (0,4 - 0,34) - 0,0144 \cdot (0,4 - 0,34) = 56,12 \text{ руб.}$$

Очевидно, что рациональным методом получения заготовки является литье в песчаные формы.

Общий вид заготовки показан на рисунке 2.1.

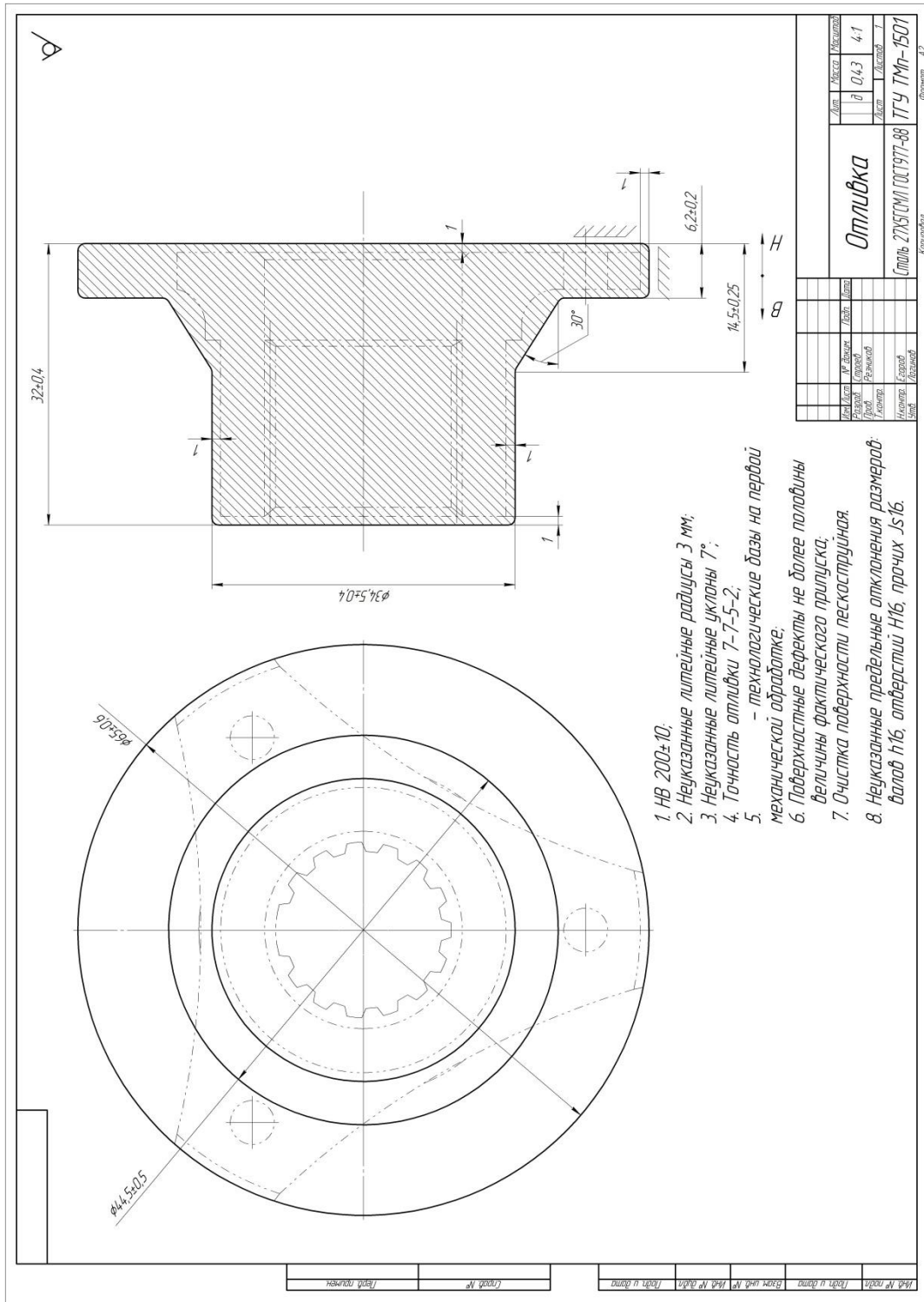


Рисунок 2.1 – Общий вид отливки для ступицы

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 ступицы быстросъемной

№ пов.	Последовательность обработки	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость R_a
1	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка - Внутришлифовальная	П	7	2,5
2	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка	П	9	3,2
3	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5
4	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5
5	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5
6	Отливка – Сверление - Термообработка	Ц	9	3,2
7	Отливка – Точение - Термообработка	П	14	12,5
8	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка - Шлифовальная	Ц	6	2,5
9	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5
10	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка-Внутришлифовальная	Ц	7	2,5
11	Отливка – Протягивание - Термообработка	Э	9	3,2
12	Отливка – Протягивание - Термообработка	Ц	14	12,5
13	Отливка – Протягивание - Термообработка	Э	9	3,2
14	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка - Шлифовальная	Ц	6	2,5
15	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5
16	Отливка – Точение – Точение чистовое – Термообработка - Шлифовальная	Ц	6	2,5
17	Отливка – Точение - Термообработка	Ц	14	12,5

Основываясь на данных таблицы 2.2, составим ТП изготовления ступицы быстросъемной.

000 Заготовительная – отливка;

010 Токарная:

- переход 1: точение поверхностей 1,2,3,4,8,14,16;

- переход 2: точение поверхности 10;

- переход 3: точение чистовое поверхностей 1,8,14,16;

020 Токарная:

- переход 1: точение поверхности 5;

- переход 2: точение поверхности 7;

030 Протяжная: протягивание шлицевой протяжкой поверхностей 11,12,13

040 Сверлильная: сверление 3 отверстий поверхность 6;

050 Фрезерная: фрезерование поверхностей 9,15,17;

060 Термическая (закалка, отпуск);

070 Шлифовальная: шлифование поверхностей 8,14,16;

080 Внутришлифовальная: шлифование поверхностей 1,10;

090 Моечная;

100 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
1	2	3	4	5
010	Токарный станок с ЧПУ KE-D	Патрон самоцентрирующий специальный	Резец проходной SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-II

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
020	Токарный станок с ЧПУ KE-D	Патрон самоцентрирующий специальный	Резец проходной SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-II
030	Протяжной станок ТН-3 800	Приспособление специальное	Протяжка шлицевая SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-II
040	Радиально-сверлильный станок 2A554	Приспособление специальное	Сверло SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-II
050	Фрезерный станок с ЧПУ DANLH MCSY-860	Приспособление специальное	Фреза SANDVIC	Штангенциркуль ШЦ-II
060 Термическая				
070	Шлифовальный станок 3У142	Патрон самоцентрирующий специальный	Круг шлифовальный 3-200 20 80 24AF90L7V	Микрометр
080	Внутришлифовальный станок Paragon RIG-150	Патрон самоцентрирующий специальный	Круг шлифовальный 3-200 20 80 24AF90L7V	Микрометр
090 Моечная				
100 Контрольная				

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование приспособления

На токарных и шлифовальных операциях техпроцесса изготовления ступицы быстросъемной в качестве приспособления используется трехкулачковый самоцентрирующий патрон.

Первым этапом решения задачи является расчет сил резания. Данная заготовка подвергается как продольному, так и поперечному точению, вследствие чего на неё воздействуют тангенциальная P_z и радиальная P_y , составляющие силы резания, вычисляемые по формуле:

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

Коэффициенты для формулы берутся из [15]:

$$C_{pz} = 384, X_{pz} = 0,9, Y_{pz} = 0,9, n_{pz} = -0,15;$$

$$C_{py} = 355, X_{py} = 0,6, Y_{py} = 0,8, n_{py} = -0,3.$$

K_p – поправочный множитель, вычисляемый по зависимости:

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

K_{MP} – множитель, отражающий зависимость резания от качества материала заготовки.

$$K_{MP} = \frac{HB^n}{190}, \quad (3.3)$$

где $n = 0,4$;

$$K_{MP} = \frac{240^{0,4}}{190} = 1,1$$

$K_\varphi, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ – множители, отражающие корреляцию между геометрией инструмента и силами резания, зависящие от величин главного угла в плане, переднего угла и угла наклона главной режущей кромки.

$$K_\varphi = 1$$

$$K_{\gamma pz} = 1,1 \quad K_{\gamma py} = 0,75$$

$$K_{pz} = 1,1 \times 1 \times 1,1 \times 1 = 1,21$$

$$K_{py} = 1,1 \times 1 \times 1,4 \times 0,75 = 1,16$$

Определяем значения компонентов силы резания:

$$P_z = 10 \times 384 \times 2,5^{0,9} \times 0,5^{0,9} \times 110^{-0,15} \times 1,21 = 2806 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \times 355 \times 2,5^{0,6} \times 0,5^{0,8} \times 110^{-0,3} \times 1,16 = 1000 \text{ Н}.$$

Возникающие во время резания силы достаточно велики, вследствие чего возникает риск вырывания заготовки из патрона станка. В связи с этим, необходимо обеспечить достаточное значение сил зажима обрабатываемой заготовки в патроне.

Крутящий момент, стремящийся повернуть заготовку в кулачках зажимного патрона, вычисляется по формуле (3.4):

$$M_p = P_z \times d_1 \quad (3.4)$$

$$M_p = P_z \times d_1 = 2806 \times 42 = 117852 \text{ Н}\times\text{мм}$$

Проводится расчет усилия зажима с учетом коэффициента запаса K :

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

K_0 – гарантированный коэффициент запаса, $K_0 = 1,5$;

K_1 – множитель, включающий повышение сил резания ввиду стохастических неровностей на поверхностях обработки. Для черновой обработки $K_1 = 1,2$;

K_2 – множитель, отражающий повышение сил резания ввиду износа режущего инструмента. $K_{2z} = 1, K_{2y} = 1,2$;

K_3 – множитель, используемый при прерывистой обработке, $K_3 = 1$;

K_4 – множитель, отражающий стабильность зажимной силы. Для механизированного привода $K_4 = 1$;

K_5 – множитель, учитывающий эргономику немеханизированного зажимного устройства. Для механизированного привода $K_5 = 1$;

K_6 – множитель, учитываемый при установке заготовки плоской технологической базой на опоры-штыри.

Вычисляем коэффициент запаса для составляющих силы резания:

$$K_{pz} = 1,5 \times 1,2 = 1,8;$$

$$K_{py} = 1,5 \times 1,2 \times 1,2 = 2,16.$$

Вычисляем зажимное усилие:

$$W' = \frac{2KP'_z d_1}{f d_2} = \frac{2 \times 1,8 \times 2806 \times 42}{0,3 \times 35} = 40406,4 \text{ Н}$$

$$W'' = \frac{1,5K P'_Y l' + P''_Y l''}{f d_2} = \frac{1,5 \times 2,16 \times 1000 + 190}{0,3 \times 35} = 58629 \text{ Н}$$

Здесь $f = 0,3$ – коэффициент трения между заготовкой и кулачками.

$$W = \max W', W'' = W'' = 58629 \text{ Н}$$

Найдём значение усилия зажима, действующего на кулачки:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3l_k}{H_k} f_1}$$

Здесь l_k – расстояние между серединой рабочей зоны кулачка и серединой направляющей кулачка, мм;

H_k – длина направляющей кулачка, мм (рисунок 3.1);

f_1 – коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса, $f_1 = 0,1$.

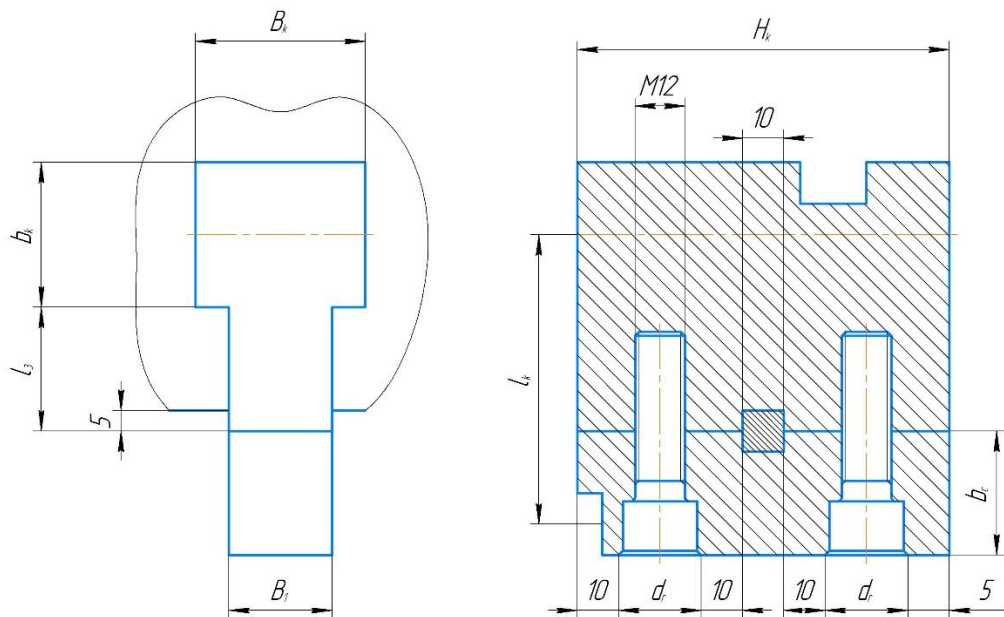


Рисунок 3.1 – Размеры сменного и постоянного кулачков

$$H_k = 85, l_k = 70$$

$$W_1 = \frac{58629}{1 - \frac{3 \cdot 70}{85} \times 0,1} = 77867 \text{ Н}$$

Поскольку проектируемый привод является самоцентрирующим, его установочные элементы подвижны и их относительное движение должно быть высокоточным. В условиях синхронного перемещения кулачков зажимного механизма важно принять во внимание особенности их функционирования: разнонаправленность, одновременность и равенство скоростей движения. Данные условия осуществляются таким образом, чтобы силовой механизм являлся источником движения одновременно для трех кулачков.

Существует два варианта перемещения кулачков – при помощи клинового либо рычажного механизма. В данной работе рассматривается клиновой механизм.

Усилие, создаваемое силовым приводом:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (3.6)$$

i_c – передаточное отношение;

$$i_c = 1,75 \rightarrow Q = \frac{W_1}{i_c} = \frac{77867}{1,75} = 44495 \text{ Н}$$

Вычисляем наружный диаметр патрона:

$$D_{\Pi} = d_2 + 2H_k \quad (3.7)$$

$$D_{\Pi} = d_2 + 2H_k = 25 + 2 \times 50 = 125 \text{ мм.}$$

Силовой привод является устройством для получения усилия зажима заготовки. Оно включает в себя две главные составляющие – силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем, и муфту для подвода воздуха либо жидкости. Выбор рабочей среды, осуществляющей рабочий ход поршня в цилиндре, производится исходя из расчетов. Рекомендуется применять пневматический привод, поскольку в цехах есть централизованная система подачи сжатого воздуха.

Вид рабочей среды подбирается по критерию обеспечения необходимого давления в исполнительном механизме силового привода. Диаметр поршня вычисляется по выражению:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.8)$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1,13 \sqrt{\frac{44495}{5}} = 66,7 \approx 63 \text{ мм} \leq 120 \text{ мм.}$$

Ограничение на диаметр в 120 мм вводится для станка.

Рассчитываем ход поршня:

$$S_Q = \frac{S_W}{i_n} \quad (3.9)$$

$$S_Q = \frac{S_W}{i_n} = \frac{5}{\frac{1}{1,75}} = 8,75 \text{ мм;}$$

$$S_Q = 8,75 + 15 = 23,75 \approx 25 \text{ мм.}$$

Рассматриваемое устройство содержит две главные составляющие: гидравлический цилиндр и зажимной механизм.

Гидроцилиндр с помощью винтов (20) прикрепляется к задней части шпинделя. Внутри корпуса гидроцилиндра (1) исполнительный механизм, включающий в себя гильзу (2), а также заднюю крышку гидроцилиндра (3), сориентированную в пространстве с помощью втулки (8). Гильза и задняя крышка соединены винтами (24). Гидравлический цилиндр соединен со

шпинделем, так что во время работы гидроцилиндр вращается в подшипниках (26). После подвода рабочей среды (в данном случае масла), среда движется по совокупности каналов в задней крышке и устремляется в гильзу, создавая тем самым избыточное давление, вследствие чего начинается поступательное движение поршня (4). Чтобы обеспечить герметичность системы, применяются уплотнительные кольца (21), (23), (25) и пробки (7), закрывающие технологические отверстия. С помощью гайки (27) и шайбы (28) поршень прикрепляется к штоку (5), соединённому со шпинделем посредством резьбового соединения.

Передвигаясь внутри корпуса патрона (10), центральная втулка (19) приводит в движение клин (12). Клин передвигает кулачок, представляющий собой соединение постоянного и сменных кулачков посредством шпонки (14) и винтов (29). Чтобы исключить проникновение пыли, грязи, стружки и прочих инородных тел внутрь патрона, открытая часть с торца закрывается крышкой корпуса патрона, держащаяся на винтах (31).

Зажимное приспособление работает следующим образом: при подаче рабочей среды (масла) в штоковую (правую) область гидроцилиндра поршень смещается влево, перемещая при этом клин. Последний за счет передачи усилия на кулачки зажимает заготовку в патроне. При подаче масла в бесштоковую (левую) область гидроцилиндра происходит обратный процесс, в ходе которого кулачки разжимаются. Чертеж приспособления приведен в графической части бакалаврской работы.

3.2 Проектирование специальной протяжки

Изобретение относится к области обработки металлов давлением и резанием и предназначено для обработки отверстий высокой точности малой длины. Известна протяжка, снабженная хвостовиком, размещенным со стороны режущей части режущих зубьев соосно с продольной осью протяжки, со стороны, дальней от хвостовика, размещены выглаживающие зубья ПМ33887.

Наиболее близким инструментом того же назначения к заявленному изобретению по совокупности признаков является деформирующее-режущая протяжка, углы заборных конусов соответственно деформирующих и выглаживающих элементов выбраны из соотношения $\alpha_1/\alpha_2=5\div 6$, а.с. 1311873 В23D 43/02, принятая за прототип.

Недостатком известных протяжек является размещение хвостовика со стороны режущей части, что ограничивает производительность инструмента, т.к. снятие или заправка обрабатываемой детали производится при освобождении хвостовика протяжки с места крепления, что затрудняет автоматизировать процесс и создает невозможность обработки разных по толщине стенки, например, кованных заготовок.

Поставленная задача состоит в том, чтобы получить высокоточное отверстие на кованных заготовках с разными по толщине стенками в автоматизированной линии механической обработки деталей в массовом производстве.

Поставленная задача решается тем, что протяжка снабжена хвостовиком, размещенным с обратной стороны режущих зубьев соосно с продольной осью протяжки, деформирующее-заборный конус выполнен по минимальному размеру отклонения от геометрической формы, с шагом одноименных центрирующих и режущих элементов меньше длины обрабатываемого отверстия. Режущие элементы превышают размеры предыдущих на 0,01 диаметра в количестве не менее 4-х и равными центрирующими и режущими диаметрами в количестве не менее 2-х, и одним центрирующим элементом по минимальному допуску отверстия.

На чертеже изображена деформирующе-режущая протяжка, общий вид, которая снабжена хвостовиком 1, размещенным с обратной стороны режущих зубьев соосно с продольной осью протяжки. Имеет деформирующий заборный конус 2, центрирующие 3 и режущие 4, выглаживающие 5 и направляющие 6 элементы.

На станок протяжка закрепляется за хвостовик 1 и по ходу в работу вступает деформирующе-заборный конус 2, выполненный по минимальному размеру отклонения геометрической формы отверстия. Опытным путем установлено, что при дальнейшем превышении размера конуса 2 наблюдается неконтролируемая пластическая деформация на участке, где имеется маленькая толщина стенки заготовки. При уменьшении размера конуса от минимального наблюдается недостаточная эффективность деформации для продолжения процесса. За конусной частью в отверстие входит центрующий элемент 3, под напряжением придавая отверстию точную геометрическую форму инструмента на той плоскости, где находится центрующий пояс. Аналогично тому, когда в резиновый шланг длиной 10÷15 мм помещаем пяток большого диаметра, в концах шланга происходит сужение первоначального диаметра под действием упругой деформации. За центрирующими поясками входная часть отверстия под действием упругой деформации приобретает такую форму, с которой необходимо снимать стружку для обеспечения требуемой точности отверстия. Затем в работу вступают режущие и выглаживающие элементы 5. Направляющий элемент 6 ориентирует заготовку при обратном ходе протяжки.

Примером конкретного использования изобретения является обработка отверстия $\varnothing 27+0,023$ мм коромысел клапанов для двигателя КАМАЗ. Потребное количество коромысел - 16 шт., на будущее планируется 32 шт. на один двигатель. Заготовка коромысла клапана выполнена ковальной из стали СТ 45. НВ 167-212. Размеры перед пробивкой обрабатываются твердосплавными развертками $\varnothing 27+0,01$ мм, получая отверстие \varnothing мм, чистота поверхности Ra 2,5 мкм - толщина коромысла 16-0,12 мм, разностенность по диаметру 2/3 части превышает в 3 раза. Механическая обработка коромысел клапанов производится на высокопроизводительном агрегатном станке в одну смену возвратно-поступательным движением протяжки. При этом обеспечивается производительность оборудования на сборку и на запасные части. Размеры в отверстии коромысла клапана $\varnothing 27+0,023$ мм, чистота

обработки $Rz=0,8$ мкм, что соответствует техническим требованиям, предъявляемым на деталь.

Таким образом:

1. Деформирующе-режущая протяжка, содержащая последовательно расположенные деформирующие, режущие и выглаживающие элементы с заборными и обратными конусами с углами заборных конусов соответственно деформирующих и выглаживающих элементов, отличающаяся тем, что протяжка снабжена хвостовиком, размещенным с обратной стороны режущих зубьев соосно с продольной осью протяжки.

2. Протяжка по п.1, отличающаяся тем, что заборный конус выполнен по минимальному размеру отклонения от геометрической формы, шаг одноименных центрирующих и режущих элементов выполнен меньше длины обрабатываемого отверстия.

3. Протяжка по п.1, отличающаяся тем, что она снабжена центрирующими элементами в количестве не менее 2-х с диаметром, равным режущим элементам, и одним направляющим элементом, при этом количество режущих элементов выбрано равным не менее 4-х, а каждый режущий элемент выполнен с превышением размера предыдущего на 0,01 диаметра, а последующие выглаживающие элементы выполнены по максимальному допускаемому размеру обрабатываемого отверстия в количестве не менее 2-х.

Чертеж протяжки приведен в графической части бакалаврской работы.

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
Токарная	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
Токарная 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, характеризуемые 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 ступицы быстросъемной	Токарный 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 систем 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 ступицы быстросъемной	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

Наименование	Структурные составляющие объекта	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие
технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	технического 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 ступицы быстросъемной	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 ступицы быстросъемной
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 ступицы быстросъемной, 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.

В технологическом процессе изготовления быстросъемной ступицы болида было предложено ряд совершенствований, которые описаны в предыдущих разделах данной бакалаврской работы. Для изменяющихся операций было подобрано технологическое оборудование, оснастка и инструмент, подробное описание которых, также представлено в предыдущих разделах.

Используя методику определения капитальных вложений [10] была определена сумма инвестиций, необходимых для описанных изменений данного технологического процесса, которая составила 3617,55 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 технологического процесса 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 22,5% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления быстросъемной ступицы болида составит 13,73 руб.

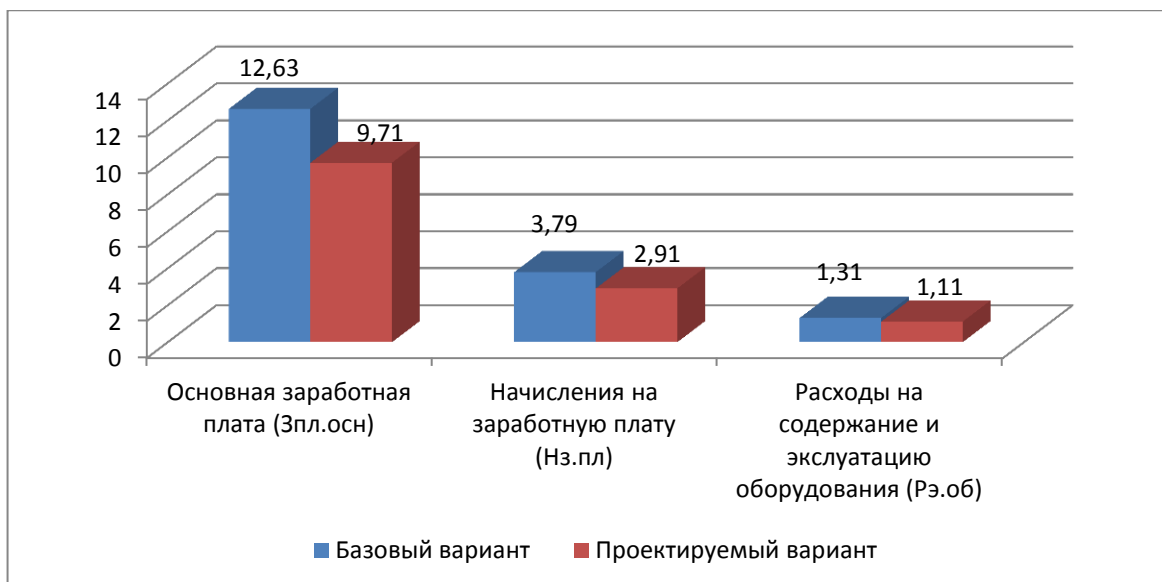


Рисунок 5.1 – Величина показателей, входящих в технологическую себестоимость детали «Быстросъемная ступица болида», по сравниваемым вариантам, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость детали «Быстросъемная ступица болида» по изменяющимся операциям (рисунок 5.2).

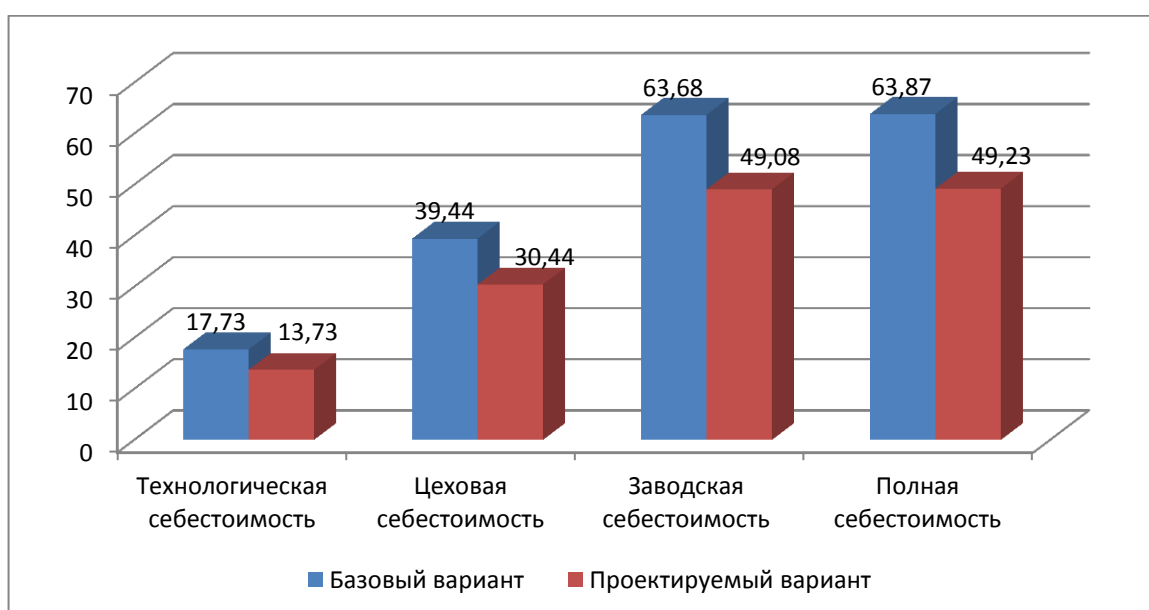


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса изготовления детали «Быстросъемная ступица болида», руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 63,87 руб., а в проектируемом – 49,23 руб. Изменения по данному показателю составило 22,92%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 1171,2 руб., что окупит предполагаемые инвестиции, в объеме 3617,55 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 535,52 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,15 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 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 – произведено проектирование станочного приспособления и совершенствование специального инструмента на базе литературных исследований;

- 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 535,52 рублей;

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса изготовления быстросъемной ступицы 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 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.

6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.

7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 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. 2 Springer / 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

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация

