

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)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения

(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Технологический процесс изготовления корпуса выключателя  
универсального промышленного робота».

Студент

А.С. Макаров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Л.А. Резников

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

Консультанты

к.э.н., Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.В. Краснов

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

Тольятти 2020

## АННОТАЦИЯ

Название выпускной квалифицированной работы – «Технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота». Выпускная работа состоит из пояснительной записки на 46 страницах, включающей 3 рисунка, 15 таблиц, 33 формул, список из 23 ссылок, включающий 5 иностранных источников, а также графическую часть, состоящую из 7 листов А1.

В выпускной работе представлен “технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота.”

В работе представлена методика расчётов скорости механической обработки и проектирования заготовки, которые описаны в общей части проекта. Также рассматривается проектирования режущего инструмента на отдельную операцию.

Для определения технологического процесса сравниваются два варианта и проводится экономический анализ и оценка между ними для выбора наиболее экономичного из них. Также был выполнен раздел, освещающий аспект безопасности и экологичности.

В результате выпускной работы спроектирован новый технологический процесс. В работе учтены экономическая составляющая работы и современные технологии.

## **ABSTRACT**

The title of the graduation work is “Technological process of manufacturing case of the switch of a versatile industrial robot.” The graduation work consists of an explanatory note on 43 pages, including 3 figures, 13 tables, 33 formulas, the list of 23 references including 5 foreign sources and 1 appendices, and the graphic part on 7 A1 sheets.

In the graduation work presents the technological process of manufacturing case of the switch of a versatile industrial robot.

The graduation work presents the methodology for calculating the machining speed and design of the work piece, which are described in the general part of the project. We also consider the design of the cutting tool for a separate operation.

To determine the technological process, two options are compared and an economic analysis and evaluation is performed between them to select the most economical of them. The chapter on safety and environmental aspects was also finished.

The new technological process is designed as a result of graduation work. The graduation work takes into account the economic component of the work and modern technologies.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Служебное назначение детали.....	7
1.2 Классификация поверхностей по служебному назначению.....	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	8
1.4 Технологические характеристики детали.....	9
1.5 Формулировка задач работы.....	10
2.Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Выбор типа производства.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	11
2.3 Сравнение себестоимости получения заготовок .....	12
2.4 Разработка технологического маршрута обработки детали .....	14
2.5 Расчет режимов резания .....	15
2.6 Определение средств оснащения технологического процесса.....	18
3.Научные исследования.....	20
3.1 Описание и анализ ситуации.....	20
3.2 Разработка обобщенного технологического решения.....	21
3.3 Выбор конкретного технологического решения.....	22
3.4 Формирование научной гипотезы.....	22

3.5	Подготовка				
	исследований.....				22
3.6	Обработка				
	результатов.....				22
4	Проектирование	специальных		средств	
	оснащения.....				23
4.1	Проектирование			режущего	
	инструмента.....				23
5	Безопасность	и	экологичность	технического	
	объекта.....				30
5.1	Конструкторско-технологические	и	организационно-технические		
	характеристики рассматриваемого		технического объекта.....		30
5.2	Идентификация			производственных	
	рисков.....				31
5.3	Методы	и	формы	снижения	профессиональных
	рисков.....				32
5.4	Обеспечение пожарной безопасности			объекта.....	33
5.5	Обеспечение	экологической		безопасности	
	объекта.....				35
5.6	Заключение по разделу.....				37
6	Экономическая эффективность работы.....				38
6.1	Расчет эффективности.....				38
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....				41
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....				42
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Маршрутная карта.....				44

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация является прогрессивным и наиболее эффективным современным методом усовершенствования технологических процессов за счёт повсеместного внедрения как в отрасль вообще, так и в машиностроительную конкретно. Автоматизация помогает достигнуть проектировки и настройки технологического оборудования так, чтобы большинство процессов могли быть проведены без непосредственного участия в них человека. Это обеспечивает минимизирование человеческого фактора на производстве.

Одними из элементов автоматизации в производстве являются универсальные промышленные роботы. Проектируемая деталь – часть такого робота, корпус выключателя.

Цель данной работы – применить теоретические знания и практический опыт в сфере профессиональных технологических и конструкционных задач, поставленных в ходе обучения.

Чтобы достигнуть данной цели поставлены следующие задачи:

- в разделе «Введение» должна быть сформулирована актуальность и цель данной работы;
- в разделе «Анализ исходных данных» должен быть произведен развернутый анализ проектируемого изделия;
- в разделе «Разработка технологической части работы» должен быть спроектирован улучшенный план изготовления детали;
- в разделе «Научные исследования» должен быть проведен поиск и применение информации по усовершенствованию производительности;
- в разделе «Проектирование специальных средств оснащения» должен быть спроектирован специальный режущий инструмент – протяжка;
- в разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» должен быть проведен анализ безопасности;
- в заключительном разделе должен быть произведен экономический расчет.

Цель данной бакалаврской работы – разработать технологический процесс изготовления выключателя промышленного робота, учитывая требования по качеству, минимизируя затраты и трудоемкость с использованием современных технологий.

# 1 Анализ исходных данных

## 1.1 Служебное назначение детали

Деталь «Корпус выключателя универсального промышленного робота» (ПР 161/60 69030060) находится в корпусе руки-манипулятора и предназначается для лимитирования углов поворота осей поворота и подачи сигнала о нулевом положении, а еще для расположения на ней контактов замыкания. Работает в условиях неоднократного включения и выключения вращения без применения смазки. Температурные условия – нормальные.

## 1.2 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Пронумеруем обрабатываемые поверхности и обозначим их на рисунке 1:

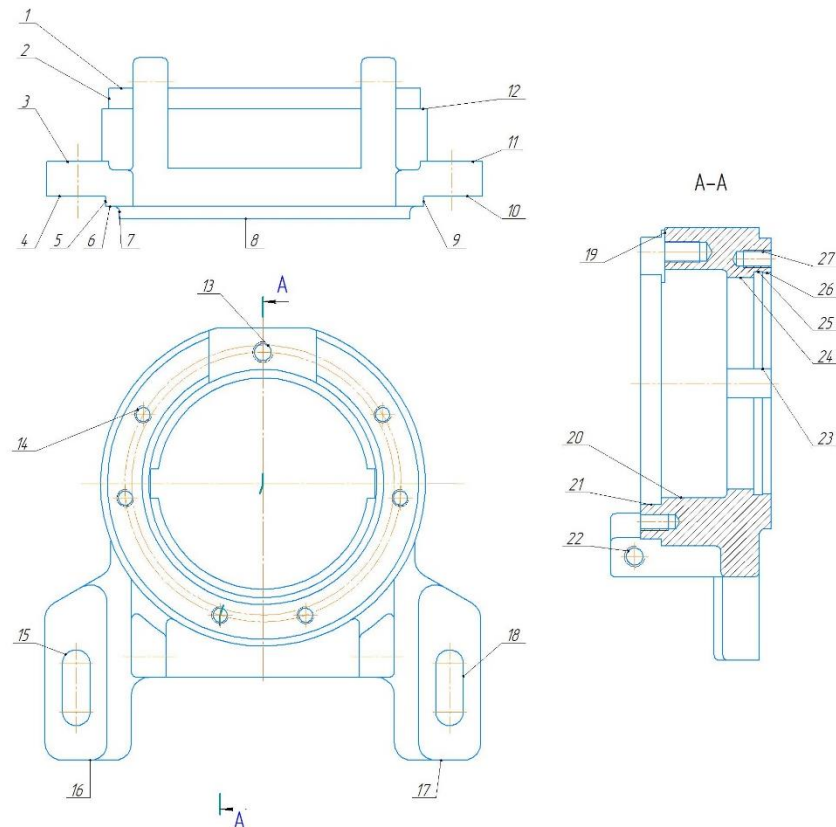


Рисунок 1 – систематизация поверхностей детали

В таблице 1 представляется классификация поверхностей.

Таблица 1 – Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номер поверхности
ОКБ	4, 10, 15, 16, 17, 18
ВКБ	8, 24
ИП	14, 23
СП	Все остальные

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Проанализируем состав и физико-механические свойства материала детали алюминиевый сплав АК7пч (АЛ9-1) ГОСТ 1583-93.

В состав алюминиевого сплава АК7пч входят следующие химические элементы, для удобства которые отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав сплава АК7пч (в % содержании)

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Zr	B	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Примесей
до 0.3	от 7 до 8	до 0.1	от 0.08 до 0.15	от 90.37 до 92.67	до 0.1	до 0.15	до 0.1	до 0.03	до 0.1	от 0.25 до 0.4	до 0.2	до 0.005	всего 0.6
Примечание: Al - основа;													



Благодаря знанию химического состава сплава, известны стандартные механические свойства, которые также отражены для удобства в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства сплава АК7пч

Сортамент	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Твердость, МПа
Отливки	от 167 до 294	от 1 до 5	от 45 до 70

Используемый сплав благодаря своим свойствам отличается высокой герметичностью. Это благоприятствует его использованию для изготовления детали типа «Корпус».

Учитывая конфигурацию и форму нашей детали, единственный рациональный способ получения заготовки из АК7пч – это отливка.

#### **1.4 Технологические характеристики детали**

Технологичность детали обусловлена несколькими ключевыми параметрами:

1. Марка материала. Можно считать, что сплав АК7пч является технологичным, так как используется для получения отливок сложных форм. Также, как уже упоминалось в прошлом пункте, этот сплав отличается высокой герметичностью, что подтверждает его технологичность.
2. Заготовка. Нашу заготовку считаем технологичной, потому что ее можно получить различными методами литья. В нашем случае проведем дополнительный экономический анализ для выгодного выбора.
3. Базирование и механическая обработка. Этот пункт тоже можно считать технологичным для нашей детали, так как несмотря на

сложную форму, обрабатываемых поверхностей не так много и все они находятся в доступности для основных методов обработки (фрезерование, сверление, расточка и так далее).

Исходя из пунктов выше, можно сделать вывод, что наша деталь технологична.

## **1.5 Формулировка задач работы**

Цель бакалаврской работы – снижение себестоимости изготовления детали «Корпус выключателя универсального промышленного робота».

В ходе бакалаврской работы рассмотрим следующие задачи, требующие особенного внимания:

- анализ исходных данных,
- выбор и проектирование заготовки,
- улучшение технологического процесса,
- проектирование режущего инструмента.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Выбор типа производства

Благодаря программе выпуска и трудоемкости можно определить Тип производства. Часто трудоемкость изготовления детали выражают через массу детали.

Для расчетов в этой работе используется масса детали  $m$ , равная 0,47 кг, и программа выпуска  $N_r$ , которая равняется 1200 дет/год, что соответствует среднесерийному типу производства.

При серийном типе производства также необходимо рассчитать число партий деталей  $n$  (шт), запускаемых одновременно на производстве. Определим его по формуле (1):

$$n = \frac{a \cdot N_r}{247}, \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий запас деталей на складе перед сборкой. Он равен 5;

247 – число рабочих дней в этом году.

$$n = \frac{5 \cdot 1200}{247} = 25 \text{ штук в месяц.}$$

### 2.2 Выбор метода получения заготовки

Для данной детали единственным целесообразным методом будет получение заготовки методом литья, так как у нее сложная конфигурация. Учитывая то, что у нас среднесерийное производство, выбираем литье в песчаные формы и литье по выплавляемым моделям. Они являются предпочтительными вариантами.

### 2.3 Сравнение себестоимости получения заготовок

Сравним себестоимость выбранных нами методов получения заготовки.

Класс размерной точности литья в песчаные формы равен 10, степень точности поверхностей равна 10, класс точности массы равен 8, масса заготовки  $M_1$  примерно равна 0,8 кг.

Класс размерной точности литья по выплавляемым моделям равен 6, степень точности поверхностей равна 6, класс точности массы равен, масса заготовки  $M_2$  примерно равна 0,51 кг.

Определим коэффициент использования материала  $K_M$  по формуле (2):

$$K_M = \frac{m}{M}, \quad (2)$$

где  $M$  – масса заготовки в килограммах.

Для двух наших методов коэффициент использования материала равен 0,59 и 0,92 соответственно.

Определим затраты на механическую обработку  $C_{\text{мех}}$ , отнесенную на один килограмм стружки по формуле (3).

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (3)$$

где  $C_c$  – затраты на килограмм стружки, 0,495 руб/кг. ;

$C_k$  – капитальные затраты на килограмм стружки, равные 1,085 руб/кг.

;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,18.

Подставив значения в формулу (3), получаем значение  $C_{\text{мех}}$  равное 0,6903 руб/кг.

Стоимость килограмма заготовки, не учитывая посторонние факторы,  $C_{\text{заг}}$  вычисляется по формуле (4):

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{от}} k_T k_c k_B k_M k_{\text{п}} M, \quad (4)$$

где  $C_{\text{от}}$  – базовая стоимость изготовления одного килограмма отливки, принимаем по доступным данным равной 0,3;

$k_T$  – коэффициент, зависящий от класса точности (равен 1);

$k_c$  – коэффициент, зависящий от сложности отливки (равен 1);

$k_B$  – коэффициент, зависящий от массы отливки. Равен 1,05, так как масса отливок находится в диапазоне от 0,5 до 1 килограмма;

$k_M$  – коэффициент, зависящий от марки материала (равен 5,10, так как сплав алюминиевый );

$k_{\text{п}}$  – коэффициент, зависящий от группы серийности (равен 1);

Теперь подставим все известные значения в формулу (4) и получим, что  $C_{\text{заг}}$  равна 1,24 и 0,93 рубля соответственно для литья в песчаные формы и по выплавляемым моделям.

Технологическая себестоимость получения детали  $C_T$ , используя метод литья, вычисляется по формуле (5):

$$C_T = C_{\text{заг}} \cdot M + C_{\text{мех}}(M - m) - C_{\text{отх}}(M - m), \quad (5)$$

где  $C_{\text{отх}}$  – стоимость одного килограмма отходов, приблизительно равная 0,146 руб/кг.

Себестоимость разных видов литья по формуле (5) равна:

$$C_{T1} = 1,24 \cdot 0,77 + 0,6903(0,77 - 0,47) - 0,146(0,77 - 0,47) = 1,118 \text{ руб};$$

$$C_{T2} = 0,93 \cdot 0,58 + 0,6903(0,58 - 0,47) - 0,146(0,58 - 0,47) = 0,599 \text{ руб}.$$

Наиболее выгодный вариант литье по выплавляемым моделям.

Также наблюдается годовая экономия  $\mathcal{E}_Г$ , рассчитанная по формуле (6):

$$\mathcal{E}_Г = N_G(C_{T1} - C_{T2}) = 1200(1,118 - 0,599) = 2239,73 \text{ руб}. \quad (6)$$

## 2.4 Разработка технологического процесса изготовления детали

Важным аспектом получения детали из заготовки является механическая обработка. Исследуем получение каждой поверхности и запишем полученные данные в таблицу 4.

Таблица 4 – виды механической обработки поверхностей

Вид механической обработки	Шероховатость	Номера поверхностей
черновое фрезерование	Ra 10	16, 17
	Ra 5,0	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12
	Ra 2,5	19
чистовое фрезерование	Ra 5,0	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11
	Ra 2,5	2, 8
сверление	Ra 5,0	13, 14, 15, 18, 22, 27
нарезание резьбы	Ra 5,0	13, 14, 22, 27
черновое растачивание	Ra 10	20
	Ra 2,5	21, 24, 25, 26
чистовое растачивание	Ra 2,5	21, 24, 25, 26
протягивание	Ra 2,5	23

Благодаря систематизации механической обработки будет достигаться точность и логичность назначений в проектном маршруте изготовления детали.

Ключевым отличием проектного технологического процесса от базового будет замена токарного и фрезерного станков с числовым программным управлением на вертикально-фрезерный обрабатывающий центр DMTG VDF1200.

Далее составим проектный технологический маршрут обработки поверхностей по операциям и переходам:

000 Заготовительная – литье по выплавляемым моделям;

005 Фрезерная – фрезерование поверхностей 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10;

010 Токарная:

- переход 1: растачивание поверхностей 24,25,26;
- переход 2: сверление поверхностей 27, 15, 18;
- переход 3: нарезание резьбы поверхности 27;

015 Фрезерная – фрезерование поверхностей 1, 2, 3, 11, 12, 15, 16, 17, 18  
19;

020 Токарная:

- переход 1: растачивание поверхностей 20, 21;
- переход 2: сверление поверхностей 13, 14, 22;
- переход 3: нарезание резьбы поверхностей 13, 14, 22

025 Контрольная;

030 Протяжная – протягивание поверхности 23;

035 Слесарная;

040 Моечная;

045 Контрольная;

050 Окрасочная.

## 2.5 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания ведется исходя из данных компаний производителей инструмента и справочных материалов.

Для наглядности произведем расчет режимов резания для базового варианта, обычного фрезерования, и для проектного высокоскоростного. Начнем с обычного фрезерования поверхности 1 на операции 015. Глубина резания  $t$  равна 0,8 мм, подача  $S_z$  равна 0,17 мм. Спланируем скорость резания по формуле (7):

$$V = \frac{C_v D_\phi^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot K_v, \quad (7)$$

где  $C_v, q, m, x, y, u, p$  коэффициент и табличные показатели степени;

$B$  – ширина фрезерования, равная 18 мм;

$Z$  – количество зубьев фрезы, равное 10;

$K_v$  – поправочный коэффициент;

$D_{\phi}$  – диаметр фрезы.

Рассчитаем поправочный коэффициент по формуле (8):

$$K_v = K_{mv}K_{nv}K_{uv}, \quad (8)$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала. Он равен 1;

$K_{nv}$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки. Он равен 0,9;

$K_{uv}$  – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала. Он равен 1.

Тогда мы получаем:

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

$$V = \frac{155 \cdot 40^{0,25}}{120^{0,1} \cdot 0,8^{0,4} \cdot 0,17^{0,15} \cdot 18^{0,1} \cdot 10^{0,2}} \cdot 0,9 = 146 \text{ м/мин}$$

Теперь рассчитаем частоту вращения шпинделя  $n_{ш}$  по формуле (9)

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (9)$$

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot 146}{\pi \cdot 40} = 1162 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем частоту вращения равной  $1250 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда действительную скорость резания  $V_d$  рассчитаем по формуле (10).

$$V_d = \frac{\pi D n}{1000} \quad (10)$$

Действительная скорость равна  $157 \text{ м/мин}$ .



Определим минутную подачу  $S$  по формуле (11).

$$S = S_z \cdot z \cdot n_{ш}, \quad (11)$$

Согласно формуле (11), минутная подача равна 2125 мм/мин.

Определим основное время обработки на станке  $T_0$ , мин, по формуле (12).

$$T_0 = \frac{L}{S}, \quad (12)$$

где  $L$  – путь, пройденный обрабатывающим инструментом.

В свою очередь  $L$  состоит из врезания  $l_1$ , перебега  $l_2$  и основной обработанной длины  $l$ . Тогда формула (12) представляет собой:

$$T_0 = \frac{l_1 + l_2 + l}{S}$$

Тогда основное время для данной операции равно 0,11 минут.

Рассчитаем все эти параметры для высокоскоростного фрезерования.

Рассчитаем поправочный коэффициент по формуле (8):

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

Рассчитаем скорость резания по формуле (9):

$$V = \frac{245 \cdot 40^{0,25}}{120^{0,1} \cdot 0,8^{0,2} \cdot 0,17^{0,15} \cdot 18^{0,1} \cdot 10^{0,2}} \cdot 0,9 = 221 \text{ м/мин}$$

Теперь рассчитаем частоту вращения шпинделя  $n_{ш}$  по формуле (10)

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot 221}{\pi \cdot 40} = 1758 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем частоту вращения равной 1600 мин<sup>-1</sup>.

Тогда действительную скорость резания  $V_d$  рассчитаем по формуле (11).

$$V_d = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 1600}{1000} = 201 \text{ м/мин}$$

Согласно формуле (12), минутная подача равна 2720 мм/мин.

Определим основное время обработки на станке  $T_0$ , мин, по формуле (12).

$$T_0 = \frac{L}{S},$$

Тогда основное время для данной операции равно 0,09 минут.

Как видно из расчетов, высокоскоростное фрезерование предпочтительнее, чем обычное, так как позволяет сократить время обработки.

## 2.6 Определение средств оснащения технологического процесса

Определим средства оснащения проектного технологического процесса и для удобства отразим их все в Таблице 5.

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Номер операции	Оборудование	Инструмент	Материал режущей части
5	горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр DMTG VDF1200.	Фреза концевая 15x26x83 z=5 ГОСТ 17025-71	P6M5
		Фреза концевая с коническим хвостовиком 32x170x45мм z=5 ГОСТ 17026-71	
		Фреза торцевая насадная 40x32 Z=10	
10		Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком, 4,2 мм. (ц/х). ГОСТ 10902-77	P6M5
		Сверло спиральное с цилиндрическим	P6M5

		хвостовиком, 8 мм. (ц/х). ГОСТ 10902-77	
		Метчик машинно- ручной (м/р) комплект М 5х0,8 ГОСТ 3266-81	-
		Резец специальный	РКС 33
15		Фреза торцевая – концевая, 50 мм, ГОСТ 22087-76 с механическим креплением пятигранных пластин	PNUA-110408 (10113-110408)
		Фреза шпоночная Ø8, HORTZ 351948	P6M5
		Фреза концевая с коническим хвостовиком 28х170х45мм z=5 KM4 ГОСТ 17026-71	P6M5
20		Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком, 4,2 мм. (ц/х). ГОСТ 10902-77	P6M5
		Резец специальный	РКС 33
		Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком, 5,2 мм. (ц/х). ГОСТ 10902-77	P6M5
		Метчик машинно- ручной (м/р) комплект М 5х0,8 ГОСТ 3266-81	-
		Метчик машинно- ручной (м/р) комплект М 6х1 ГОСТ 3266-81	-
30	Протяжной станок	Специальная протяжка	P6M5

### **3 Научные исследования**

#### **3.1 Описание и анализ ситуации**

Важной задачей в производстве, то есть обработке, алюминия является повышение производительности. Достигнуть этой задачи можно посредством увеличения режимов резания, например, скорости резания. Как материал, алюминий в этом отношении является одним из лучших – это связано с его свойствами: такими как мягкость и пластичность, которые способствуют применению меньших нагрузок при снятии стружки. Также у данного материала высокая теплопроводность, благодаря которой тепло, возникающее вследствие обработки, может быть легко отведено вместе со стружкой, не вызывая при этом перегрева инструмента.

В это же время можно столкнуться с определенными негативными последствиями, например, с наростообразованием. Именно для борьбы с негативными последствиями, можно использовать специальный инструмент, а точнее материал инструмента, который позволит нивелировать отрицательные пункты.

Так как автоматизация производства все более применяется на производствах мирового масштаба, это показывает, насколько выгодным может быть повышение производительности. В этом ясно видна актуальность данных метода обработки.

#### **3.2 Разработка обобщенного технического решения**

Как уже говорилось в прошлом пункте, решением множественных, возникающих при высокоскоростной обработке резанием, проблем является грамотный подбор материала режущего инструмента. Чаще всего режущие инструменты не выдерживают высокие температуры и быстро начинают разрушаться, либо начинают быстро стачиваться, то есть изнашиваться.

Для правильного и наиболее выгодного решения стоит провести небольшое исследование материалов по их свойствам и выбрать тот, который сможет удовлетворить нашим потребностям.

Если говорить о наиболее износостойком материале при высокоскоростной обработке – это конечно поликристаллический алмаз PCD, так как он обладает огромной твердостью. Но в это же время он нестабилен при высоких температурах.

Поликристаллический кубический нитрид бора – уже не обладает такой же твердостью, как алмаз, но все равно является одним из хороших решений за счет своей износостойкости и красностойкости, которая в свою очередь позволяет использовать его при высоких скоростях резания. Но он, в свою очередь, используется для обработки твердых материалов, таких как чугун, высоколегированная сталь и другие материалы, с твердостью выше 50 HRC. Керамика как инструментальный материал отличается превосходной износостойкостью при высоких режимах резания, но только отдельные соединения. Использование армированной керамики еще более благоприятно за счет дополнения каким-то усиливающим элементом. Армирование керамики волокнами, имеющими большую, чем сам материал, прочность при растяжении, обычно производится в целях усиления способности матрицы нести нагрузку. В таком случае прикладываемая к системе нагрузка воспринимается в основном высокопрочными волокнами. оригинальным сочетанием физико-механических и теплофизических свойств керамических материалов (повышенной твердостью и износостойкостью, химической инертностью, а также высокой термостойкостью (1200 — 1450 °С) в сопоставлении с твердыми сплавами) и относительной недефицитностью начального сырья.

### **3.3 Выбор конкретного технологичного решения**

Основой нашего будущего технического решения, которое позволит увеличить производительность обработки резанием путем повышения скоростей резания принимаем совершенствование инструмента с материалом

режущей части из нитридно-кремниевой керамики, армированной нитевидными кристаллами карбида кремния. Это позволит увеличить производительность обработки. Данный выбор обусловлен тем, что развитие инструментального материала в наше время позволяет подбирать различные решения под свои нужды.

### **3.4 Формирование научной гипотезы**

Одним из самых важных моментов, влияющим на производительность механической обработки, является недостаточная стойкость инструментального материала и его неспособность выдерживать высочайшие температуры.

### **3.5 Подготовка исследований**

В качестве основных источников, которые использовались в проведенном исследовании, являются общедоступные литературные материалы и другие исследования инструментальных материалов.

### **3.6 Обработка результатов**

Важной задачей при различной механической обработке разных видов деталей является повышение производительности резания. Эта задача решается повышением с помощью применения на производстве высокоскоростной обработки деталей. В итоге представленного исследования предлагается использовать инструмент с материалом режущей части из нитридно-кремниевой керамики, армированной нитевидными кристаллами карбида кремния.



## 4 Проектирование специальных средств оснащения

### 4.1 Проектирование режущего инструмента

Рассчитаем специальный режущий инструмент для операции 030 – протяжку.

Исходные данные:

Диаметр отверстия:  $D=61,15^{+0,12}$  мм;

Длина обработки:  $L=12,7$  мм;

Материал детали – алюминиевый сплав АК7пч  $\sigma_B=96$  кг/см<sup>3</sup>;

Рассчитаем шаг зубьев по формуле (13):

$$t_p = (1,25 \dots 1,75) \cdot \sqrt{L}, \text{ мм} \quad (13)$$

Получаем:

$$t_p = 1,25 \cdot \sqrt{12,7} = 4,45 \text{ мм}$$

Принимаем шаг зубьев равным  $t_p = 4,5$  мм.

Высоту стружечной канавки рассчитаем по формуле (14):

$$h_K = (0,35 \dots 0,4) \cdot t_p, \text{ мм} \quad (14)$$

Получаем следующее значение:

$$h_K = 0,4 \cdot 4,5 = 1,8 \text{ мм}$$

Принимаемое значение  $h_K = 2$  мм.

Ширину зуба найдем через формулу (15):

$$b = 0,35 \cdot t_p, \text{ мм} \quad (15)$$

Получаем следующее значение:

$$b = 0,35 \cdot 4,5 = 1,57 \text{ мм}$$



Округляем значение и получаем ширину зуба  $b = 2$  мм.

Радиус канавки рассчитываем по формуле (16):

$$r_K = 0,55 \cdot h_K, \text{ мм} \quad (16)$$

Получаем следующее значение:

$$r_K = 0,55 \cdot 1,8 = 0,99 \text{ мм}$$

Радиус канавки  $r_K = 1$  мм.

Радиус спинки найдем по формуле (17):

$$R_n = 0,8 \cdot t_P, \text{ мм} \quad (17)$$

Расчетное значение:

$$R_n = 0,8 \cdot 4,5 = 3,6 \text{ мм}$$

Принимаемое значение  $R_n = 4$  мм.

Активную площадь канавки найдем по формуле (18):

$$F_K = 0,25 \cdot \pi \cdot h_K^2, \text{ мм}^2 \quad (18)$$

Расчетное значение:

$$F_K = 0,25 \cdot \pi \cdot 1,8^2 = 2,54 \text{ мм}^2$$

Подачу, допускаемую размещением стружки в канавке, найдем по формуле (19):

$$S_{ZK} = \frac{F_K}{k \cdot L}, \text{ мм} \quad (19)$$

Где:  $k$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, для алюминия он составляет 3,6.

Расчетное значение:

$$S_{ZK} = \frac{2,54}{3,60 \cdot 12,7} = 0,06 \text{ мм.}$$

Максимальное значение одновременно работающих зубьев, определяем по формуле (20):

$$z_{MAX} = \frac{L}{t_p}, \text{ мм} \quad (20)$$

Расчетное значение:

$$z_{MAX} = \frac{12,7}{4,5} = 2,8 \text{ мм.}$$

Принимаемое значение  $z_{MAX} = 3$  мм.

Припуск под протягивание определяем по формуле (21):

$$A = 0,005 \cdot D + (0,1 \dots 0,3) \cdot \sqrt{L}, \text{ мм} \quad (21)$$

Получаем значение:

$$A = 0,005 \cdot 61,15 + (0,1 \dots 0,3) \cdot \sqrt{12,7} = 0,662 \dots 1,375, \text{ мм}$$

Принимаемое значение  $A = 1,375$  мм.

Диаметр первого зуба рассчитываем по формуле (22):

$$D_1 = D - A, \text{ мм} \quad (22)$$

Получаем значение:

$$D_1 = 61,15 - 1,375 = 59,775 \text{ мм}$$

Расстояние до первого зуба определяем по формуле (23):

$$l_1 = 280 + L, \text{ мм} \quad (23)$$

Получаем значение:

$$l_1 = 280 + 12,7 = 292,7, \text{ мм}$$

Учитывая диаметр обрабатываемого отверстия выбираем наиболее возможный диаметр хвостовика:

$$D_{\text{ХВОСТ}} = 56 \text{ мм}$$

Площадь опасного сечения по впадине первого зуба рассчитывается по формуле (24):

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1 - 2 \cdot h_K)^2, \text{ мм}^2 \quad (24)$$

Расчетное значение:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (59,775 - 2 \cdot 1,8)^2 = 2230,81 \text{ мм}^2$$

Площадь опасного сечения по диаметру хвостовика рассчитывается по формуле (25):

$$F_X = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{ХВОСТ}} - 2 \cdot h_K)^2, \text{ мм}^2 \quad (25)$$

Расчетное значение:

$$F_X = \frac{\pi}{4} \cdot (56 - 2 \cdot 1,8)^2 = 1925,98, \text{ мм}^2$$

Перейдем к силовому расчету нашего режущего инструмента.

Рассчитаем наибольшее усилие, допускаемое хвостовиком согласно формуле (26):

$$P_X = F_X \cdot \sigma_X, \text{ Н} \quad (26)$$

Расчетное значение:

$$P_X = 1925,98 \cdot 250 = 481494 \text{ Н}$$

Максимальное усилие, позволяющее прочностью протяжки перед первым зубом, определим согласно формуле (27):

$$P_1 = F_1 \cdot \sigma_1, \text{ Н} \quad (27)$$

Расчетное значение:

$$P_1 = 2230,81 \cdot 300 = 669243, \text{ Н}$$

Расчётное усилие определяется, как минимальное из  $P_X$  и  $P_1$ :

$$P_P = 669243, \text{ Н}$$

Определим подачу, допускаемую по силе резания по формуле (28):

$$S_{ZP} = \left( \frac{P_P}{C_p \cdot \pi \cdot D \cdot Z_{MAX}} \right)^{1.25}, \text{ мм/зуб} \quad (28)$$

Где:  $C_p$  – коэффициент, который зависит от материала и формы режущей части инструмента, равен  $C_p = 2050$ .

Расчетное значение:

$$S_{ZP} = \left( \frac{669243}{2050 \cdot \pi \cdot 61,15 \cdot 3} \right)^{1.25} = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Определим геометрические параметры протяжки.

Число режущих зубьев определим по формуле (29):

$$Z_P = \frac{A + 0,1}{2 \cdot S_{ZP}} + 1, \text{ зуб} \quad (29)$$

Расчетное значение:

$$Z_P = \frac{1,375 + 0,1}{2 \cdot 0,05} + 1 = 15,75, \text{ зуб}$$

Принимаемое значение  $Z_P = 16$  зубьев.

Диаметры режущих зубьев определяются по формуле (30):

$$D_i = D_1 + 2 \cdot S_{ZP} \cdot (i - 1), \text{ мм} \quad (30)$$

Длина режущей части определяется по формуле (31):

$$l_p = t_p \cdot (Z_p - 1), \text{ мм} \quad (31)$$

Расчетное значение:

$$l_p = 4,5 \cdot (16 - 1) = 67,5 \text{ мм}$$

Число калибрующих зубьев выбираем равным  $Z_K = 6$  зубьев.

Шаг калибрующих зубьев вычисляем согласно формуле (32)

$$t_k = \frac{2}{3} \cdot t_p, \text{ мм} \quad (32)$$

Расчётное значение:

$$t_k = \frac{2}{3} \cdot 4,5 \approx 4,5 \text{ мм.}$$

Формула (33) для расчёта длины калибрующих зубьев имеет вид:

$$l_k = Z_K \cdot t_k, \text{ мм} \quad (33)$$

Расчётное значение:

$$l_k = 6 \cdot 4,5 = 27 \text{ мм}$$

Длина задней направляющей протяжки равна длине обрабатываемой поверхности:

$$l_3 = L = 12,7 \text{ мм}$$

Общая длина протяжки суммируется из следующих параметров  $l_1, l_p, l_k, l_3, l_{\text{ХВОСТ}}$ , и имеет вид:

$$L_{\text{пр}} = l_1 + l_p + l_k + l_3, \text{ мм}$$

$$L_{\text{пр}} = 292,7 + 67,5 + 27 + 12,7 = 399,9 \text{ мм}$$

Общая длина протяжки должна выдерживать грань допустимые значения:

$$L_{\text{пр}} \leq 40 \cdot D$$

$$399,9 \text{ мм} \leq 2446 \text{ мм}$$

Длина рабочего хода складывается из  $l_p$ ,  $l_3$ ,  $l_k$ , и имеет вид:

$$L_{\text{рх}} = l_p + l_k + l_3 \text{ мм}$$

$$L_{\text{рх}} = 67,5 + 27 + 12,7 = 107,2 \text{ мм}$$

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалифицированной работы: «технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота». Проведенный анализ безопасности представим в виде таблиц.

### 5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

В таблице 6 приведены характеристики рассмотренного технического объекта.

Таблица 6 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность рабочего	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Фрезерование	Фрезерная обработка	Фрезеровщик	Приспособление специальное	СОЖ

## 5.2 Идентификация производственных рисков

Идентификация персональных рисков на операции указаны в таблице 7.

Таблица 7 – 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
Фрезерная операция	Стружка, заусенцы на поверхности заготовки, острые кромки, подвижные части 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 и др.	Обрабатываемая заготовка, режущий инструмент, специальное приспособление, металлорежущий станок, СОЖ.



### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и / или вредный фактор	Организационно-технические методы и средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного фактора	Средства защиты работника
1	2	3
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.	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 факторы электрического тока, динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей, соблюдение периодичности перерывов.	Спецодежда

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта

В таблицах 9 – 11 рассмотрены меры по достижению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Мех. обработка задних поверхностей корпуса выключателя	горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр DMTG VDF1200.	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 (в задымленных пространственных зонах).	осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 10 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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

Таблица 11 – 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
Технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота	Применение смазочно-охлаждающей жидкости на базе не горючих веществ, хранение ветоши в негорячем ящике, выполнение правил электробезопасности	Наличие сигнализации, проведение техники безопасности, наличие средств пожаротушения, наличие автоматической системы пожаротушения

### 5.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Меры обеспечения экологической безопасности технического объекта указаны в таблицах 12 – 13.

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, 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 (образующие сточные воды, 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
Технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота	Фрезерный обрабатывающий центр VDF1200	Масляная пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Ветошь, стружка, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

Таблица 13 – мероприятия по снижению воздействия на среду.

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы вентилирования фильтрами и фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение системы многоступенчатой очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Утилизация отходов на специализированных полигонах.

## 5.6 Заключение по разделу

В ходе данного раздела были проанализированы известные и общедоступные данные и применены к данному оборудованию и виду технологического процесса. Все данные для удобства были структурированы в таблицы.

## 6 Экономическая эффективность работы

### 6.1 Расчет эффективности

Выполнением раздела преследуется цель – произвести расчёт технико-экономических показателей проектируемого технологического процесса и сравнить с базовым вариантом, чтобы определить экономический эффект, полученный в ходе изменений.

На фрезерной операции 005 применяется:

- Фрезерный обрабатывающий центр VDF1200
- Фреза концевая 15x26x83 z=5 ГОСТ 17025-71, Фреза концевая с коническим хвостовиком 28x170x45мм z=5 ГОСТ 17026-71, Фреза торцевая насадная 40x32 Z=10.

Благодаря объединению и усовершенствованию этой операции, удалось сократить машинное и штучное время. При данных условиях штучное время примерно составляет 0,921 минуту.

Методика определения вложений позволила определить сумму инвестиций, которая исходя из расчетов составила 142870,374 руб.

Методика определения тех. себестоимости позволила определить величину данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение этого параметра 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 005 представлены на рисунке 2.

Анализируя и исследуя представленные значения, можно сделать вывод о том, что перечисленные выше значения, кроме расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, имеют тенденцию к уменьшению. Но даже при этом общий эффект позитивно воздействует на итоговую величину

технологической себестоимости, которая понижается на 14,08% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота составит 113,88 руб.

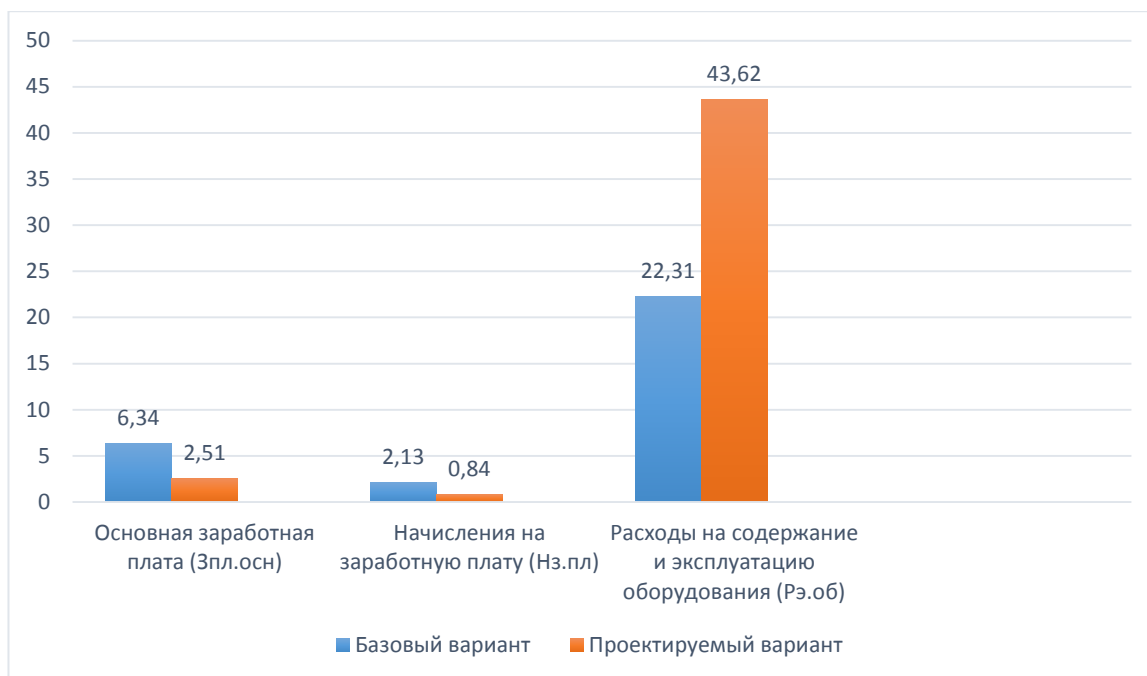


Рисунок 2 – Показатели технологической себестоимости, руб.

Учитывая и принимая во внимания технологическую и другие себестоимости, была определена полная себестоимость выполнения Фрезерной операции 005.



Для наглядности полученной выгоды, данные были сгруппированы в диаграмму и обозначены на рисунке 3:

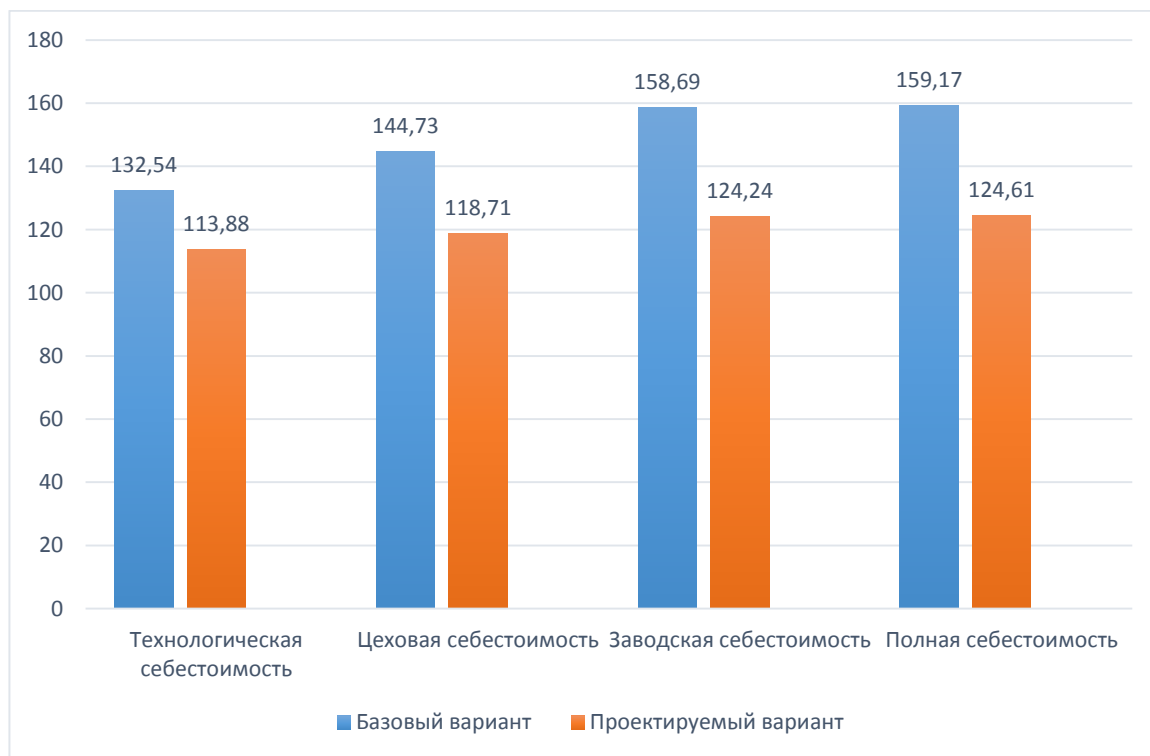


Рисунок 3 – Калькуляция себестоимости, руб.

Как можно заметить из диаграммы, полная себестоимость проектируемого варианта равна 124,61 рублям, а базового варианта равна 159,17 рублям. Изменения по данному параметру составили 21,71%.

Благодаря такой разнице, предприятие имеет возможность получить чистую выгоду в размере 33179,28 руб., собственно что окупит предполагаемые вложения, сделанные в объёме 142870, 374. Для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 25537,42 рубля. Значение ЧДД (Эинт) > 0 и его величина составила 1,18 рубля на каждый вложенный рубль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалифицированной работы были выполнены необходимые расчеты по конструкторской и проектной части, были проведены определенные исследования.

По разделам бакалаврской работы были достигнуты определенные задачи по задачам, сформулированным ранее:

- в разделе «Введение» была сформулирована актуальность и цель данной работы;
- в разделе «Анализ исходных данных» был проведен развернутый анализ проектируемого изделия для дальнейшего проектирования маршрута и улучшений;
- в разделе «Разработка технологической части работы» была проведена основная задача – проектирование улучшенного плана изготовления детали;
- в разделе «Научные исследования» был проведен поиск и применение информации по усовершенствованию производительности;
- в разделе «Проектирование специальных средств оснащения» был спроектирован специальный режущий инструмент – протяжка;
- в разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» был проведен анализ и применение информации по безопасности технического объекта;
- в заключительном разделе был произведен экономический расчет, в ходе которого удалось определить величину чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет – 5026,02 рубля.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что цель бакалаврской работы – разработка технологического процесса изготовления корпуса выключателя универсального промышленного робота была достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование заготовок. Методическое пособие. В.М. Боровков, А.С. Черемисин – Тольятти: ТГУ, 2002 г.
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. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
4. Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 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. Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
7. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 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. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 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. Проектирование протяжек для обработки цилиндрических отверстий : метод. указания / сост. Л.А. Резников. – Тольятти : ТГУ, 2016. – 10 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. Расторгуев, Д.А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 52 с. : обл.
18. Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.
19. Traditional Machining Processes, J.P. Davim, –Springer, 2015. – 235
20. Machining, Joining and Modifications of Advanced Materials, by Andreas Öchsner and Holm Altenbach, 2016.
21. Davim, J.P. Machining / J.P. Davim, - Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 p.
22. Advances in Industrial and Production Engineering, Springer, Kripa Shaker, 2019 – 870 p.
23. "Faster, Better, Cheaper" in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond 2016., - 439 p.



Продолжение Приложения А

1.3											Листов 2		2						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа				Класс.	Лит.	Тит.		
											ЕН	ОП	ЕН	ОП					
Б	Код, наименование оборудования					2	15292	22	1	1	1	1	1	1	-	-	1,82		
К/м	Наименование детали, сб. единицы или материала																		
А 01				015	4103 Программно-комбинированная														
Б 02					DMTG VDF 1200														
О 03	Фрезеровать поверхность 1, фрезеровать поверхность 2 в размер $\varnothing 90^{+0,14}$ , фрезеровать поверхность 3,11 в размер 30,4, фрезеровать поверхность 12 в размер 17,2, фрезеровать пазы 15,18, фрезеровать поверхность 16,17 в размер 125																		
04	Фрезеровать пазы 15,18, фрезеровать поверхность 16,17 в размер 125																		
Т 05	396171 Приспособление УСПМ, 391802 Фреза торцевая – концевая $\varnothing 50$ , опора, втулка переходная, Фреза шпоночная $\varnothing 8$ ; Патрон ланговый; Втулка переходная																		
06	Фреза концевая с коническим хвостовиком $\varnothing 28$ , опора, втулка переходная, 393311 штангенциркуль, 393410 Микрометр гладкий																		
07																			
А 08				020	4103 Программно-комбинированная	2	15292	22	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1,54	
Б 09					DMTG VDF 1200														
О 10	Расточить поверхность 20 в размер $\varnothing 66^{+0,14}$ , расточить поверхность 21 в размер $\varnothing 70^{+0,12}$ , сверлить отверстие 13 в размер $\varnothing 5,2$ , сверлить 6 отверстий 14 в размер $\varnothing 4,2$ , сверлить 2 отверстия 22 в размер $\varnothing 5,2$ , нарезать резьбу в отверстиях 13 М6х1, нарезать резьбу в отверстиях 14 М5х0,8, нарезать резьбу в 2 отверстиях 22 М6х1																		
Т 12	396171 Приспособление УСПМ, 392104 Резец специальный, оправка расточная, 392104 Резец специальный, оправка расточная, Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 4,2$ , патрон, оправка, втулка переходная, Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 4,2$ , патрон, оправка, втулка																		
13	цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 5,2$ , патрон, оправка, втулка переходная, Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 4,2$ , патрон, оправка, втулка																		
14	Переходная, сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком $\varnothing 5,2$ , патрон, оправка, втулка переходная, метчик, вставка, патрон резьбовой, калибр резьбовой, втулка переходная, метчик, вставка, патрон резьбовой, калибр резьбовой, втулка переходная																		
15	втулка переходная, метчик, вставка, патрон резьбовой, калибр резьбовой, втулка переходная, метчик, вставка, патрон резьбой, калибр резьбовой, втулка переходная																		
16																			
А 17				025	4180 Протяжная	2	16458	22	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	
Б 18					Протяжной станок 7Б56														
О 18	Протянуть два пазы 23 в размер $65^{+0,3}$ ;																		
Т 19	392302 Протяжка шлицевая.																		
20																			
МК																			

