

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машино-
строительных производств»
Профиль «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления полукартера ведущего моста электрокара.

Студент(ка)	<u>Сотников П. М.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>Расторгуев Д.А.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>Виткалов В.Г</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Горина Л.Н</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Зубкова Н.В.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент

А.В. Бобровский

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«___» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных произ-
водств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Сотников Павел Михайлович гр. ТМбз-1131

1. Тема Технологический процесс изготовления полукартера ведущего моста электрокара.

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «___» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе 1. Чертеж детали; 2. Годовая программа выпуска - 10000 дет/год; 3. Режим работы – двухсменный.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Аннотация. Содержание.

Введение, цель работы

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления и захватного устройства промышленного робота

4) Безопасность и экологичность технического объекта

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

5. Ориентировочный перечень графического материала (6-7 листов формата А1)

- | | |
|-------------------------------|----------|
| 1) Деталь (с изменениями) | 0,5 – 1 |
| 2) Заготовка | 0,25 – 1 |
| 3) План обработки | 1 – 2 |
| 4) Технологические наладки | 1 – 2 |
| 5) Приспособление станочное | 1 – 1,5 |
| 6) Приспособление контрольное | 0,5 – 1 |
| 7) Презентация | 0,5 – 1 |

6. Консультанты по разделам

7. Дата выдачи задания « ____ » марта 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	<hr/> (подпись)	<hr/> (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	<hr/> (подпись)	<hr/> (И.О. Фамилия)

Аннотация

УДК 621.12.07

Сотников Павел Михайлович

Технологический процесс изготовления полукартера ведущего моста электрокара. Тольяттинский государственный университет, 2016.

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Выпускная квалификационная работа (уровень бакалавра).

Работа направлена на проектирование технологического процесса изготовления полукартера ведущего моста электрокара к условиям среднесерийного типа производства.

Ключевые слова: деталь, припуск, базы, санок, промышленный робот, режимы резания, нормы времени, инструмент

Работа содержит пять разделов введение и заключение. Во введении сформулирована цель работы и обоснована ее актуальность, в заключении, представлены результаты решения задач сформулированных в работе, сделан вывод о достижении цели.

В первом разделе работы проведен анализ исходных данных для проектирования, выявлены недостатки и пути их устранения, оценена технологичность детали при изготовлении.

По результатам анализа, в технологической части работы, предложено:

- применить новый технологический процесс изготовления детали в условиях серийного производства;
- получить заготовку методом литье в песчано-глинистые формы с размерами, рассчитанными аналитическим методом;
- применить высокопроизводительное оборудование (станков с ЧПУ, автоматов и полуавтоматов), высокопроизводительную оснастку с механизированным приводом и инструмента с износостойкими покрытиями;

В третьем разделе спроектирован патрон 3-х кулачковый рычажный с пневмоприводом для токарной операции и спроектировано захватное устройство промышленного робота.

В четвертом и пятом разделе данной работы разработаны мероприятия по безопасности и экологичности технического объекта и рассчитана экономическая эффективность работы, в сравнении с базовым вариантом.

Работа содержит: пояснительную записку (в размере 72 страниц, содержащей 23 таблицы, 7 рисунков) и графическую часть (7,5 листов).

Содержание

Введение, цель работы	8
1 Описание исходных данных	9
1.1 Анализ служебного назначения детали	9
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	12
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	14
1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	15
2 Технологическая часть работы.....	17
2.1 Выбор типа производства	17
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	17
2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки.....	20
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	25
2.5 Разработка технологических операций	27
3 Проектирование станочного приспособления и захватного устройства промышленного робота.....	43
3.1 Проектирование станочного приспособления	43
3.2 Проектирование захватного устройства промышленного робота....	50
4 Безопасность и экологичность технического объекта	56
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	56
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	57
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	58
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно- технологических эксплуатационных и утилизационных процессов) ...	59
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	63
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	65

5 Экономическая эффективность работы.....	66
Заключение.....	70
Список используемой литературы.....	71
Приложения.....	72

Введение, цель работы

Машиностроение – это одна из ведущих отраслей промышленности нашей страны.

Первостепенное значение для технического перевооружения и совершенствования отраслей народного хозяйства имеет развитие машиностроения, всемерное форсирование производства автоматических линий и машин, средств автоматизации, механики, электроники, точных приборов.

Для совершенствования производства деталей машин и механизмов необходимо использовать весь комплекс различных технологических средств, которые обеспечат выпуск продукции соответствующего качества, в заданном количестве и в максимально короткие сроки.

Выпускная квалификационная работа посвящается разработке технологического процесса изготовления детали «полукартер ведущего моста электрокара» в условиях среднесерийного производства.

Цель данной работы – получение детали с наименьшими затратами, в заданном объеме и лучшим качеством. Приобретение практического опыта в разработке и совершенствовании технологического процесса изготовления детали, в конструировании и расчете станочных приспособлений и режущих инструментов, разработке комплекта технологической документации.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Проведем анализ служебного назначения, для проверки правильности назначения требований к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, исходя из точности и положения сопрягаемых деталей.

Деталь «Полукартер», устанавливается в ведущем мосту электрокара и предназначена для установки сопрягаемых деталей.

На рисунке 1.1 приведен фрагмент узла, в который работает деталь.

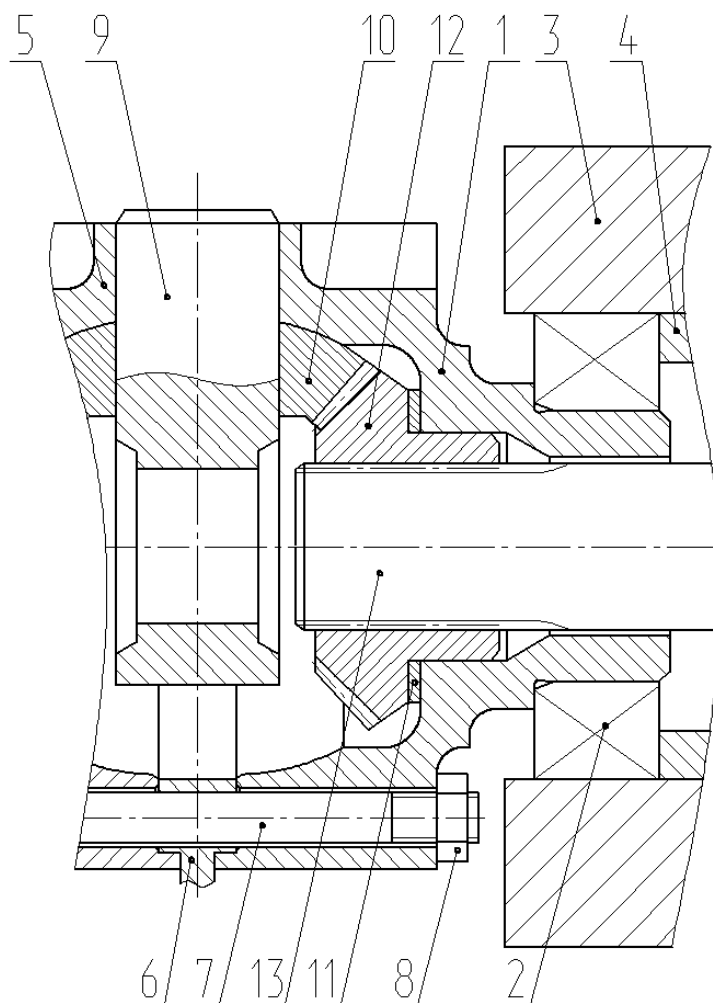


Рисунок 1.1 - Фрагмент ведущего моста электрокара ДВ1792 «Рекорд»

Полукартер 1 устанавливается с помощью подшипника 2 в картере редуктора 3. Подшипник 2 фиксируется гайкой крепления подшипника 4.

Полукартер 1 совмещен с таким же полукартером 5 с помощью ведомой цилиндрической шестерни 6 и фиксируется винтами 7 с гайками 8. Через четыре отверстия полукартеров 1 и 2 проходит крестовина 9, на которой устанавливаются сателлиты 10.

В отверстиях полукартера 1 с упором в опорную шайбу 11 устанавливается шестерня дифференциала 12, которые входят в зацепление с сателлитами 10. Через шлицевое отверстие шестерни 12 проходит полуось 13.

1.1.2 Анализ материала детали

Полукартер работает в условиях высоких скоростей, при переменной нагрузки и интенсивном трении, данные условия работы детали определяют требования к изготовлению детали: прочность, точность, шероховатость.

Материал полукартера: антифрикционный серый чугун с пластинчатым графитом АЧС-3 ГОСТ 1585-85.

В таблице 1.1 приведен химический состав чугуна АЧС-3.

Таблица 1.1 - Химический состав чугуна АЧС-3

В процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
3.2 - 3.8	1.7 - 2.6	0.3 - 0.7	до 0.3	до 0.12	0.15 - 0.4	до 0.3	0.03 - 0.1	0.2 - 0.5

В таблице 1.2 приведены физико-механические свойства и условия работы чугуна АЧС-3

Таблица 1.2 - Физико-механические свойства и условия работы чугуна АЧС-3

ρ ,	v ,	$\rho \cdot v$,	НВ
МПа	м/с	МПа·м/с	
6,0	1,0	5,0	160-190

Обозначение величин приведенных в таблице 1.2:

ρ - Давление, МПа

v - Скорость скольжения, м/с

НВ - Твердость по Бринеллю

Анализируя таблицы 1.1 и 1.2 делаем вывод ,что используемый материал соответствуют служебному назначению изготавливаемого детали.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Все обрабатываемые поверхности детали на чертеже нумеруем в зависимости от их служебного назначения.

Однотипные поверхности, например, на равнорасположенные отверстия или плоскости, нумеруем однократно (на рисунке 1.2)..

Размеры в скобках, например: (23) – необрабатываемые, полученные литьем, без последующей мехобработки.

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей

N	Вид	Номера поверхностей
1	Исполнительные поверхности	7,15
2	База: основная конструкторская	1,6
3	База: вспомогательная конструкторская	2,9,10,12
4	Свободные поверхности	Остальные

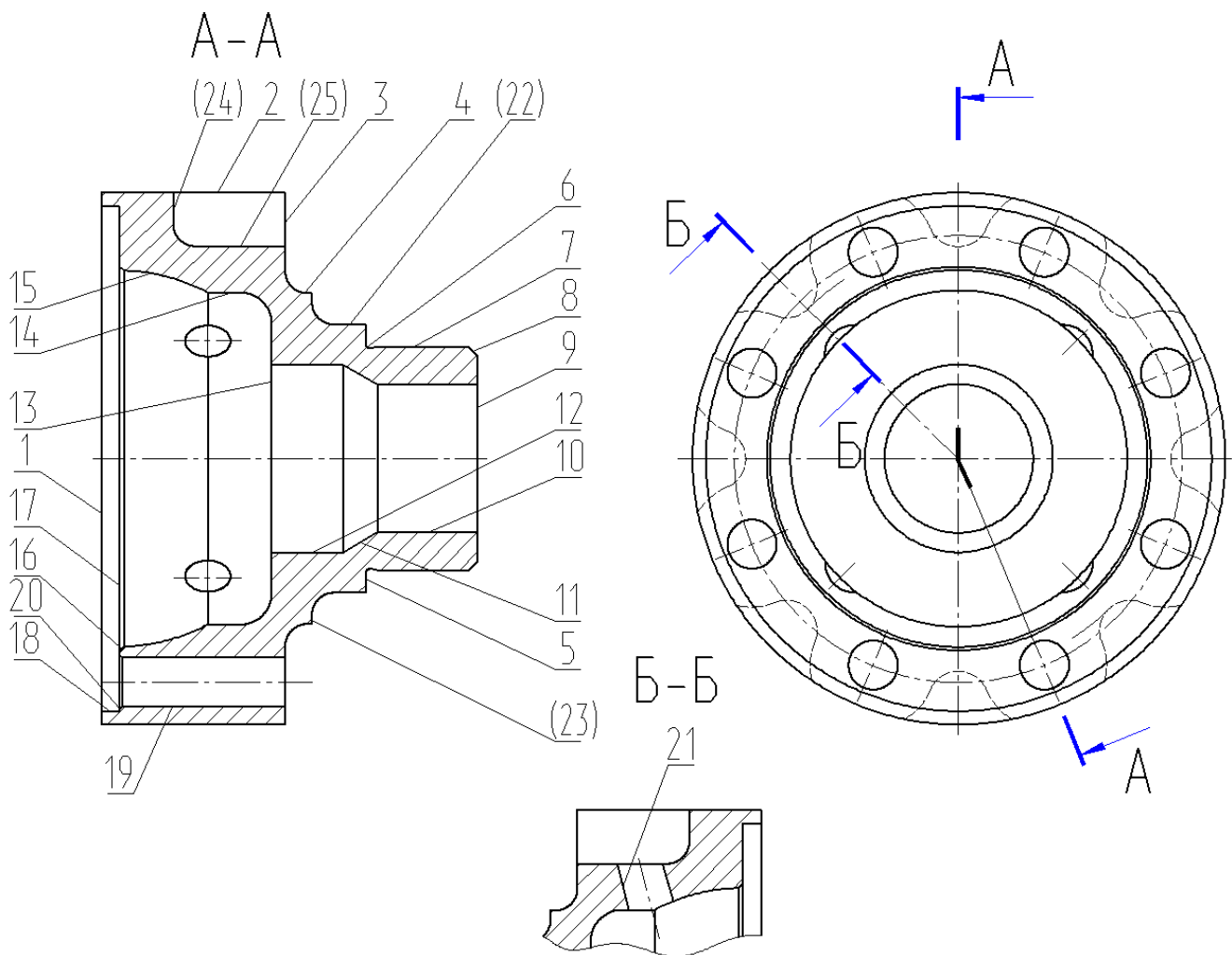


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей детали «Полукартер ведущего моста»

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

1.2.1 Коэффициент унификации поверхностей

Коэффициент унификации, определяется по формуле:

$$K_y = n_y / \Sigma n, \quad (1.1)$$

где n_y - число поверхностей унификации;

Σn - сумма всех поверхностей.

$$K_y = 1$$

1.2.2 Коэффициент шероховатости поверхностей

Коэффициент шероховатости, определяется по формуле:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.2)$$

где B_{cp} - среднее значение параметра;

$$B_{cp} = \frac{B_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

где B_{ni} – число шероховатости поверхности;

$\sum n_i$ – число поверхностей данного значения шероховатости.

Подставив значения, с чертежа детали в формулу (1.3) и (1.2) получим:

$$B_{cp} = (1 \cdot 0,63 + 1 \cdot 1,25 + 2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 6,3 + 1 \cdot 12,5 + 14 \cdot 3,2) / 21 = 3,66 \text{ мкм.}$$

$$K_{ш} = 1 / 3,66 = 0,27.$$

Деталь технологична, т.к $K_{ш} < 0,32$. Шероховатость поверхностей детали соответствует служебному назначению.

1.2.3 Коэффициент точности

Коэффициент точности, определяется по формуле:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.4)$$

где A_{cp} - средняя точность;

$$A_{cp} = \frac{A_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

где A_{ni} – числовое значение точности;

Σn_i – число поверхностей точности.

Подставив значения, с чертежа детали в формулу (1.4) и (1.5) получим:

$$A_{cp} = (1 \cdot 6 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 9 + 3 \cdot 10 + 14 \cdot 14) / 21 = 12,3.$$

$$K_T = 1 - 1/12,3 = 0,92.$$

Деталь технологична, т.к. $K_T > 0,8$, точность поверхностей соответствует служебному назначению.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Выявим слабые места базового техпроцесса (ТП), их устранение будет содействовать достижению цели работы.

1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

Содержание операций базового маршрута приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Характеристика базового техпроцесса

Операция		Средства технического оснащения			Тшт, мин
№оп	Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная				
010	Токарная черновая	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной ВК8 Резец подрезной ВК8 Резец расточной ВК8	1,1
015	Токарная чистовая	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной ВК4М Резец подрезной ВК4М Резец расточной ВК4М Резец канавочный ВК4М	0,8
020	Слесарная (разметочная)				0,16

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
025	Сверлильная	2P135	Тиски машинные	Сверло центровочное P6M5 Сверло спиральное P6M5	0,25
030	Сверлильная	2P135	Тиски машинные	Сверло центровочное P6M5 Сверло спиральное P6M5 Зенковка P6M5	0,35
035	Слесарная	Верстак		Напильник	0,15
040	Круглошлифовальная	3Б153Т	Патрон цанговый	Шлифовальный круг	0,28
045	Внутришлифовальная	3К228В	Патрон мембранный	Шлифовальный круг	0,25
050	Внутришлифовальная	3К228В	Патрон мембранный	Шлифовальный круг	0,25
055	Моечная				
060	Контрольная				

1.4 Задачи и пути совершенствования технологического процесса

1.4.1 Недостатки базового ТП

Рассмотрение базового ТП изготовления детали позволяет сделать вывод, о том, что этот ТП пригоден для использования, только в условиях единичного и мелкосерийного производства, так как применяемое оборудование и оснастка недостаточно производительны при нашем типе производства

Основные недостатки базового техпроцесса:

- низкопроизводительные универсальные станки, универсальный инструмент универсальная оснастка с ручным зажимом;
- большое штучное время и неоптимальные режимы резания на операциях;
- неоптимальная структура операций: последовательность переходов выбрана из учета единичного производства и стандартного инструмента;
- большое время на слесарной операции по разметке отверстий.

1.4.2 Задачи и пути совершенствования техпроцесса

Задачи ВКР и пути совершенствования ТП, определим на основе проведенного анализа базового варианта:

- применить для условий среднесерийного производства наиболее оптимальные станки;
- оптимизировать структуру сверлильных переходов. Вместо двух сверлильных операций применим вертикально-сверлильную с ЧПУ, при применении поворотного приспособления возможно обработать все отверстия на одной операции;
- окончательную обработку внутреннего контура будем производить тонким растачиванием на станке класса точности А 16В05АФ30-01, применив борштанги с микрометрической настройкой резцов. Таким образом, вместо двух внутришлифовальных операций обработку проведем на одной токарной расточной;
- оптимизировать структуру остальных операций с целью максимальной концентрации переходов, снижения трудоемкости и себестоимости;
- исключить разметочные операции;
- применить высокопроизводительную оснастку с гидро- и пневмоприводом.;
- спроектировать захватное устройство промышленного робота;
- спроектировать оснастку на токарную операцию;
- осуществить анализ ТП на возникновение опасных и вредных факторов, предусмотреть меры по их устранению или защите от их действия;
- определить экономическую эффективность спроектированного ТП.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

Тип производства характеризуется величиной коэффициента закрепления операций, для его определения необходимо знать трудоёмкость изготовления детали, последовательность обработки и количество станков.

Тип производства определим упрощенно по [9, с. 24, табл. 31] при массе детали 1,85 кг и годовой программе выпуска $N_{г} = 10000$ шт, производство – среднесерийное.

Форма организации техпроцесса – будет поточная или переменнo- поточная.

2.2 Выбор и проектирование заготовки

2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

Исходя из физико-технологических свойств чугуна АЧС-3, конфигурации и размеров детали в качестве заготовки может быть использована отливка.

Другие методы получения заготовки невозможны, так как по чертежу детали некоторые поверхности, например, (22)-(25) (рисунок 1.2) получаются без последующей мехобработки.

2.2.2 Основные параметры заготовки

Основные параметры заготовки принимаем по [8].

По таблице А.1 [8, с. 27] выбираем метод получения заготовки – литье в песчано-глинистые сырые формы из низковлажных высокопрочных смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 единиц.

В зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала выбираем класс размерной точности отливки [8, с. 26], принимаем: 8.

В зависимости от отношения наименьшего размера отливки к наибольшему выбираем степень коробления отливки по таблице Б.1 [8, с. 29], принимаем: 6.

В зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала выбираем степень точности поверхности отливки по таблице Г.1 [8, с. 32], принимаем: 14 (шероховатость Ra40 мкм).

В зависимости от вида литья и массы св. 1 до 10 кг выбираем класс точности массы отливки по таблице Д.1 [8, с. 33], принимаем 8.

Следовательно, точность отливки: 8-6-14-8 по ГОСТ Р 53464-2009.

По таблице 1 [8, с. 8] для 8 класса точности определяем допуски размеров, и в зависимости от допусков по таблице 6 [8, с. 11] определяем припуски.

Литейный уклон: на наружной и внутренней поверхности – не более $0^{\circ}30'$;

Радиусы закругления наружных углов – 2 мм;

Сдвиг полуформ – не более 0,7 мм [8, с. 8];

Эксцентричность отверстий - не более 0,7 мм [8, с. 8];

Шероховатость поверхности заготовки – Ra 40 мкм.

Эскиз заготовки приведен на рисунке 2.1

Для определения объема заготовки разобьем ее на элементарные части, радиусами, фасками, литейными уклонами пренебрегаем. Фасонные поверхности условно приводим к цилиндрическим.

Объем заготовки определяется по формуле:

$$V_n = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (2.1)$$

где V_i - объем i -го элемента заготовки

Объем цилиндрических элементов заготовки определяем по формуле:

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot l / 4, \quad (2.2)$$

где d - диаметр элемента, мм;

l - длина элемента, мм.

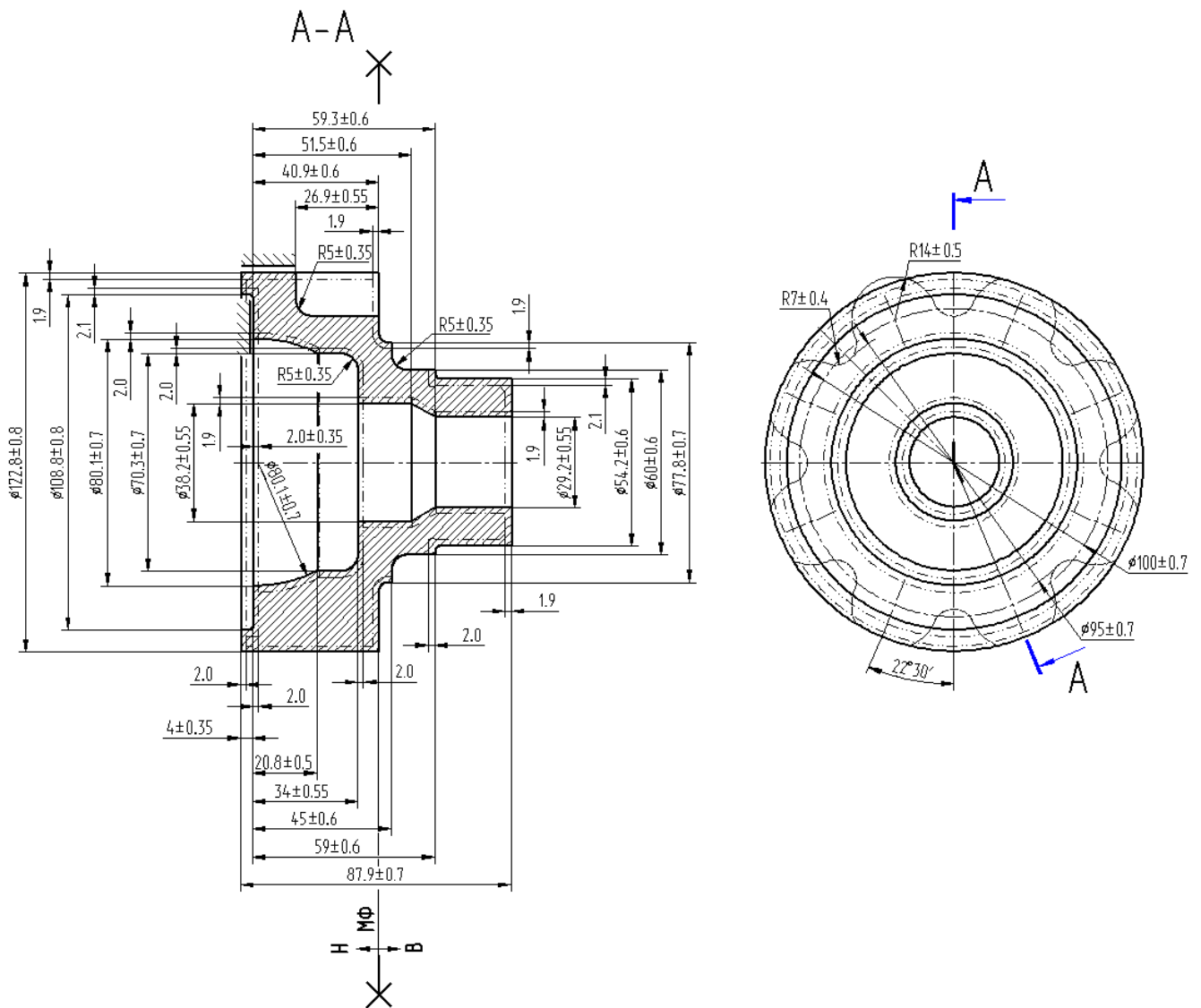


Рисунок 2.1- Эскиз заготовки

Тогда, подставим исходные данные в формулу (2.2), вычислим объем отливки:

$$V = 3,14/4 \cdot (122,8^2 \cdot 44,9 + 77,8^2 \cdot 3 + 60^2 \cdot 14 + 54,2^2 \cdot 24,9 - 108,8^2 \cdot 4 - 75,2^2 \cdot 20,8 - 70,3^2 \cdot 13,2 - 38,2^2 \cdot 17,5 - 33,7^2 \cdot 7,8 - 29,2^2 \cdot 24,6 - 14^2 \cdot 26,9 \cdot 8) = 385459 \text{ мм}^3 .$$

Массу отливки определим по формуле:

$$m_3 = V \cdot \gamma, \quad (2.3)$$

где V – объем, мм^3 ;

γ - плотность чугуна, $\text{кг}/\text{мм}^3$.

Подставим исходные данные в формулу (2.3), получим:
 $m_3 = 385459 \cdot 7,0 \cdot 10^{-6} = 2,70$ кг.

Коэффициент использования материала на литую заготовку определяется по формуле:

$$\text{КИМ} = m_d / m_3 = 1,85 / 2,7 = 0,68 \quad (2.4)$$

2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки

2.3.1 Разработка схем базирования

В качестве баз при токарных операциях при обработке правого конца возможно использовать наружную поверхность 2 и торец пов. 1, при обработке левого конца – пов. 7 и торец пов. 5.

При сверлильной обработке базами являются пов. 2, торец пов. 3, с угловой центровкой по поверхности (25).

При круглошлифовальной обработке базами являются отв. 14 и торец 17.

При тонком растачивании базами являются пов. 7 и торец 5.

Условные обозначения баз приведены в плане обработки.

2.3.2 Выбор методов обработки поверхностей

В зависимости от точности и шероховатости поверхностей, выбираем маршрут их обработки:

- определяем способ (точение, фрезерование, сверление, шлифование и т.д.) и вид (черновая, чистовая, отделочная и т.д.) окончательной обработки каждой поверхности детали по [5] и [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19]

- назначаем промежуточные способы виды обработки (технологические пере-

ходы). Определяем наиболее выгодный по критерию наименьшей трудоемкости технологический маршрут каждой из поверхностей [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19].

- определяем коэффициент трудоемкости на основании [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19].

Выбранная последовательность обработки поверхностей представлена в таблице 2.1, где операции обозначены как:

$T_{\text{чер}}$ - обтачивание черновое, $T_{\text{чист}}$ - обтачивание чистовое,

$R_{\text{черн}}$ - растачивание черновое, $R_{\text{чист}}$ - растачивание чистовое,

$R_{\text{тонк}}$ - растачивание тонкое, С - сверление

$\text{Ш}_{\text{чер}}$ - шлифование черновое, $\text{Ш}_{\text{чист}}$ - шлифование чистовое,

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер поверхности	Вид поверхности	Операционные размеры		Точность поверхности				Шероховатость Ra, мкм	Твердость НВ	Технологический маршрут	Коэффициент трудоемкости	
				Размеры, мм		Формы	Расположения					
				d	l		Допуск, мкм					Допуск, мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Плоск	119/113	3	14	10	-	-	3,2	180	$T_{\text{чер}}(13)+T_{\text{чист}}(10)+T_{\text{тонк}}(9)$	4,2	
2	Цил	119	41	14	14	-	-	3,2	180	$T_{\text{чер}}(13)+T_{\text{чист}}(10)$	2,2	
3	Плоск	119/74	22,5	14	14	-	-	3,2	180	$T_{\text{чер}}(13)+T_{\text{чист}}(10)$	2,2	
4	Цил	74	6	14	14	-	-	3,2	180	$T_{\text{чер}}(13)+T_{\text{чист}}(10)$	2,2	
5	Плоск	60/50	5	9	14	-	-	3,2	180	$T_{\text{чер}}(13)+\text{ТО}+T_{\text{чист}}(10)+\text{Ш}_{\text{черн}}(9)$	3,1	
6	Канавка	3x0,3	3	14	14	-	-	3,2	180	$T_{\text{чист}}(11)+\text{ТО}$	1,2	
7	Цил	50к6	25	6	14	-	-	0,63	180	$T_{\text{чер}}(13)+\text{ТО}+T_{\text{чист}}(10)+\text{Ш}_{\text{черн}}(8)+\text{Ш}_{\text{чист}}(6)$	4,3	

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Конич	2x45°	2	14	14	-	-	3,2	180	Тчер(13)+Тчист(10)	2,2
9	Плоск	46/33	6,5	14	14	-	-	3,2	180	Тчер(13)+Тчист(10)	2,2
10	Цил	33	22	14	14	-	-	3,2	180	Рчер(13)+Рчист(10)	2,4
11	Конич	42x30°	8	14	14	-	-	3,2	180	Рчер(13)+Рчист(10)	2,4
12	Цил	42	16	14	14	-	-	3,2	180	Рчер(13)+Рчист(10)	2,4
13	Плоск	60/42	9	14	10	-	-	3,2	180	Рчер(13)+Рчист(10) +Ртонк(9)	3,8
14	Цил	74,3	14,2	10	14	-	-	3,2	180	Рчер(13)+Рчист(10) +Ртонк(9)	3,8
15	Сфрич	84,14	19,8	9	14	-	-	1,2 5	180	Рчер(13)+Рчист(10) +Ртонк(9)	3,8
16	Конич	1x45°	1	14	14	-	-	3,2	180	Рчист(11)	1,4
17	Плоск	113/84	14,5	14	9	-	-	2,5	180	Рчер(13)+Рчист(10) +Ртонк(9)	3,8
18	Цил	113Н8	4	8	10	-	-	2,5	180	Рчер(13)+Рчист(10) +Ртонк(8)	3,8
19	Цил	11	37	14	14	-	-	6,3	180	С(13)	1,2
20	Конич	0,6x45°	0,6	14	14	-	-	6,3	180	С(13)	1,2
21	Цил	10	10,7	14	14	-	-	12,5	180	С(13)	1,2

Методы обработки и их последовательность приведенные в таблице 2.1 обеспечивают обработку детали с заданным качеством, в необходимом объеме.

2.3.3 Разработка технологического маршрута изготовления детали

На основе анализа базового технологического процесса, представленного в таблице 2.1, спроектируем новый технологический маршрут обработки с учетом условий среднесерийного производства.

Токарная черновая и чистовая обработка будет производиться на токарно-винторезных станках с ЧПУ.

Далее подготовка баз для последующих расточных и сверлильных операций – получистовая обработка посадочной поверхности 7. Ее мы будем производить круглым шлифованием. В качестве альтернативных вариантов возможно тонкое

точение, но оно менее эффективно из-за большего штучного времени.

Обработку внутреннего контура, пов. 17,18,15,14,13 будем производить тонким растачиванием. Точные поверхности 15,18 будем растачивать не расточным резцом, установленным в револьверной головке, а расточной борштангой с микрометрической регулировкой резцов.

Альтернативными вариантами данной операции является внутреннее шлифование на внутришлифовальном полуавтомате за несколько установов, так как каждая ступень или торец обрабатывается отдельным шлифовальным кругом.

Сверлильную обработку проводим на многоцелевом вертикальном станке с ЧПУ S500, производства ОАО «Стерлитамак-М.Т.Е.» Станок оснащен 2-х осевым наклонно-поворотным столом. Таким образом, отверстия, пов. 19 и 21 будут обработаны с одного установа, что снизит штучное время и себестоимость операции.

Альтернативными вариантами данной операции являются горизонтально-сверлильная операция и вертикально-сверлильная. Стоимость станков по отдельности для этих операций меньше, чем станка S500, но себестоимость операций получается гораздо выше.

Далее окончательная шлифовальная операция – шлифование наружной поверхности – выполняются на универсально-шлифовальном полуавтомате.

Координатно-шлифовальная операция выполняется на станке 3284СФ4, оснащенным 2-х осевым наклонно-поворотным столом, что позволяет произвести обработку всех поверхностей за один установ.

Произведем описание технологического маршрута обработки детали по каждой операции с описанием номера и наименования операции, применяемого оборудования и содержания операции. Технологический маршрут обработки заносим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2- Технологический маршрут обработки полукартера ведущего моста

№ оп	Наименование операции	Оборудование	Содержание операции
1	2	3	4
000	Заготовительная	КГШП	Штамповать заготовку
005	Токарная (черновая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Установить, снять заготовку Точить поверхности 3,4,5,7,8,9 начерно
010	Токарная (черновая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Установить, снять заготовку Точить поверхности 1,2 начерно Расточить отв. 10-15,17-18 начерно
015	Токарная (чистовая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Установить, снять заготовку Точить поверхности 3,4,5-9 начисто
020	Токарная (чистовая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Установить, снять заготовку Точить поверхности 1-2 начисто Расточить отв. 10-18 начерно
025	Круглошлифовальная (черновая)	Круглошлифовальный п/а 3Б153Т	Установить, снять заготовку Шлифовать пов. 5,7 начерно
030	Токарная (тонкая)	Токарный станок с ЧПУ 160НТ	Установить, снять заготовку Расточить отв. 17,8 тонко Расточить отв. 15 тонко Расточить отв. 13,14 тонко
035	Сверлильная	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Установить, снять заготовку Сверлить отв. 19 с фаской 20 начисто Сверлить отв. 21 начисто
040	Круглошлифовальная (чистовая)	Круглошлифовальный п/а 3Б153Т	Установить, снять заготовку Шлифовать пов. 7 начисто
045	Моечная	Камерная моечная машина	Промыть, обдуть горячим воздухом
050	Контрольная	Контрольный стол	Окончательно контролировать основные параметры

2.3.4 План обработки детали

Произведем разработку план обработки детали "Полукартер ведущего моста", в котором воспроизводим графическое содержание технологического процесса изготовления детали.

План обработки детали "Полукартер ведущего моста" представлен в графической части данной работы.

2.4 Выбор средств технологического оснащения

Правильный выбор оборудования, приспособлений и инструмента, есть залог выполнения требований предъявляемых к качеству детали и снижение затрат при ее изготовлении.

Результаты выбора представляем в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Выбор оборудования и технологической оснастки

№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Технологическая оснастка		
			Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
1	2	3	4	5	6
005 010	Токарная (черновая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина ромбическая, СМП Томал-10 $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина расточная СМП Томал-10 $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79
015 020	Токарная (чистовая)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина ВК4М покрытие (Ti-Cr)-ИА-TiN $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
				пластин ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина расточная ВК4М покрытие (Ti-Cr)-ИА-TiN $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125	
025	Круглошлифовальная (черновая)	Круглошлифовальный п/а ЗБ153Т	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76	Шлифовальный круг 3 500x30x203 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Приспособление мерительное с индикатором
030	Токарная (тонкая)	Токарный станок с ЧПУ 160НТ	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76	Резец токарный расточной сборной с механическим креплением твердосплавных пластин ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина расточная ВК3М покрытие (Ti-Cr)-ИА-TiN $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 Борштанга расточная регулируемая. Пластина расточная ВК3М покрытие (Ti-Cr)-ИА-TiN $\varphi=90^\circ$ D=113	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
035	Сверлильная	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Приспособление специальное с самоцентр. призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Сверло ступенчатое комбинированное Ø11, Ø10 ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)С.	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
040	Круглошлифовальная (чистовая)	Круглошлифовальный п/а ЗБ153Т	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76	Шлифовальный круг 3 500x30x203, 63С F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Приспособление мерительное с индикатором
045	Моечная	Камерная моечная машина			

2.5 Разработка технологических операций

2.5.1 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

2.5.1.1 Расчет промежуточных припусков аналитическим методом

Рассчитаем припуски на $\varnothing 50k6 \begin{matrix} +0.018 \\ -0.002 \end{matrix}$

Таблица 2.4 – исходные данные

Методы обработки Поверхности	Установка заготовки
1 Точение поверхности начерно	В патроне трехкулачковом
2 Точение поверхности начисто	В патроне трехкулачковом
3 Шлифование начерно	В патроне мембранном
4 Шлифование начисто	В патроне цанговом

Данные исходных значений приведены в таблице 2.5

Таблица 2.5- Расчет припусков

Размеры в миллиметрах

№ пер	Технологический переход	Элементы припускам				2Z min	Опе-рац до-пуск Td/IT	Предельные размеры		Предельн. припуски	
		Rz ⁱ⁻¹	h ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹			d ⁱ max	d ⁱ min	2Z max	2Z min
1	Отлить	0.160	0.200	0.84 8	-	-	1.2 8 ст.	54.590	53.390	-	-
2	Точить начерно	0.050	0.050	0.05 1	0.440	2.631	0.390 13	51.149	50.759	3.441	2.631
3	Точить начисто	0.025	0.025	0.03 4	0.090	0.407	0.100 h10	50.452	50.352	0.697	0.407
4	Шлиф-ть начисто	0.010	0.020	0.01 7	0.050	0.221	0.039 h8	50.170	50.131	0.282	0.221
5	Шлиф-ть начисто	0.005	0.015	0.00 8	0.030	0.129	0.016 k6	50.018	50.002	0.152	0.129

Элементы припуска- Rz и h назначаем по таблицам [5, с. 66] и [9, с. 69].

Определим элементы припуска ρ₀ и ε_{уст}.

Суммарные отклонения ρ₀, мм отлитой заготовки типа "втулка" определяет-

ся по формуле [5, с. 65]:

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (2.5)$$

где $\rho_{\text{см}} = 0.7$ мм – погрешность смещения разъема полуформ, мм.

Погрешность коробления заготовки $\rho_{\text{кор}}$, мм, определяется по формуле [5, с. 66]

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L = 0.001 \cdot 84 = 0.084 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

где L – расстояние до точки определения коробления, мм;

Δ_k – удельное коробление, мкм/мм.

Величина $\rho_{\text{ц}}$, мкм, определяется по формуле [5, с. 66]:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (2.7)$$

где δ_3 – допуск на поверхности, используемые в качестве баз, $\delta_3 = 1.6$ мм.

Подставив значения в формулу (2.7), получим:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{1.6^2 + 1} = 0.472 \text{ мм}.$$

Суммарное отклонение получим:

$$\rho_o = \sqrt{0,7^2 + 0,084^2 + 0,472^2} = 0.848 \text{ мм}.$$

Остаточное расположение $\rho_{\text{ост}}$, мм, определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_o, \quad (2.8)$$

где K_y – уточняющий коэффициент: для перехода 2 $K_y = 0,06$; для перехода 3 $K_y = 0,04$; для перехода 4 $K_y = 0,02$; для перехода 5 $K_y = 0,01$.

Тогда, подставив значения в формулу (2.8), получим:

$$\rho_2 = K_{y2} \cdot \rho_0 = 0.848 \cdot 0,06 = 0.051 \text{ мм};$$

$$\rho_3 = K_{y3} \cdot \rho_0 = 0.848 \cdot 0,04 = 0.034 \text{ мм};$$

$$\rho_4 = K_{y4} \cdot \rho_0 = 0.848 \cdot 0,02 = 0.017 \text{ мм};$$

$$\rho_5 = K_{y5} \cdot \rho_0 = 0.848 \cdot 0,01 = 0.008 \text{ мм}.$$

Погрешность установки $\epsilon_{уст1} = 0.440 \text{ мм}$ [5, с. 75].

$\epsilon_{уст2} = 0.090 \text{ мм}$ [5, с. 75].

$\epsilon_{уст3} = 0.050 \text{ мм}$ [5, с. 75].

$\epsilon_{уст4} = 0.030 \text{ мм}$ [5, с. 75].

Min припуск $2Z_{\min}$, мм, на черновую обработку [11, с. 48]:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz + h + 2 \cdot \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_{yi}^2}) \quad (2.9)$$

Подставив значения в формулу (2.9), получим:

$$2Z_{\min \text{т. черн.}} = 2 (0.160 + 0.200 + \sqrt{0.848^2 + 0.440^2}) = 2.631 \text{ мм}.$$

Min припуск на чистовые операции

$$2Z_{\min \text{т. чист.}} = 2 (0.050 + 0.050 + \sqrt{0.051^2 + 0.090^2}) = 0.407 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min \text{шл. черн.}} = 2 (0.025 + 0.025 + \sqrt{0.034^2 + 0.050^2}) = 0.221 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min \text{шл. чист.}} = 2 (0.010 + 0.020 + \sqrt{0.017^2 + 0.030^2}) = 0.129 \text{ мм}.$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям определяется по формулам [11, с. 48]:

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

$$d_{\min \text{шл. чист.}} = 50.002 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{шл. черн.}} = 50.002 + 0.129 = 50.131 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{т. чист.}} = 50.131 + 0.221 = 50.352 \text{ мм};$$

$$d_{\min \text{т. черн.}} = 50.352 + 0.407 = 50.759 \text{ мм};$$

$$d_{\text{минзаг.}} = 50.759 + 2.631 = 53.390 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{max}}^i = d_{\text{min}}^i + Td^i \quad (2.11)$$

$$d_{\text{макшл.чист.}} = 50.002 + 0.016 = 50.018 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{макшл.черн.}} = 50.131 + 0.039 = 50.170 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{макт.чист.}} = 50.352 + 0.100 = 50.452 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{макт.черн.}} = 50.759 + 0.390 = 51.149 \text{ мм;}$$

$$d_{\text{макзаг.}} = 53.390 + 1.200 = 54.590 \text{ мм.}$$

Мах припуски $2Z_{\text{max}}$, мм [11, с. 49]:

$$2Z_{\text{max}} = d_{\text{max}}^{i-1} - d_{\text{max}}^i \quad (2.12)$$

Подставив значения в формулу (2.12), получим:

$$2Z_{\text{макшл.чист.}} = 50.170 - 50.018 = 0.152 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{макшл.черн.}} = 50.452 - 50.170 = 0.282 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{макт.чист.}} = 51.149 - 50.452 = 0.697 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{макт.черн.}} = 54.590 - 51.149 = 3.441 \text{ мм.}$$

Мин припуски $2Z_{\text{min}}$, мм [11, с. 49]

$$2Z_{\text{min}} = d_{\text{min}}^{i-1} - d_{\text{min}}^i \quad (2.13)$$

$$2Z_{\text{миншл.чист.}} = 50.131 - 50.002 = 0.129 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{миншл.черн.}} = 50.352 - 50.131 = 0.221 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{минт.чист.}} = 50.759 - 50.352 = 0.407 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{минт.черн.}} = 53.390 - 50.759 = 2.631 \text{ мм.}$$

Проверка:

$$2Z_{\text{max}}^i - 2Z_{\text{min}}^i = Td^i - Td^{i-1} - \text{условие проверки} \quad (2.14)$$

$$2Z_{\text{max}}^4 - 2Z_{\text{min}}^4 = 0.282 - 0.221 = 0.061 \text{ мм}$$

$$Td^i + Td^{i-1} = 0.1 - 0.039 = 0.061 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{max}}^4 - 2Z_{\text{min}}^4 = Td^i + Td^{i-1} = 0.061 \text{ мм} - \text{условие выполняется, т. е. расчёт при-}$$

пусков выполнен верно.

Схема расположения припусков, допусков и операционных размеров представлена на рисунке 2.2.

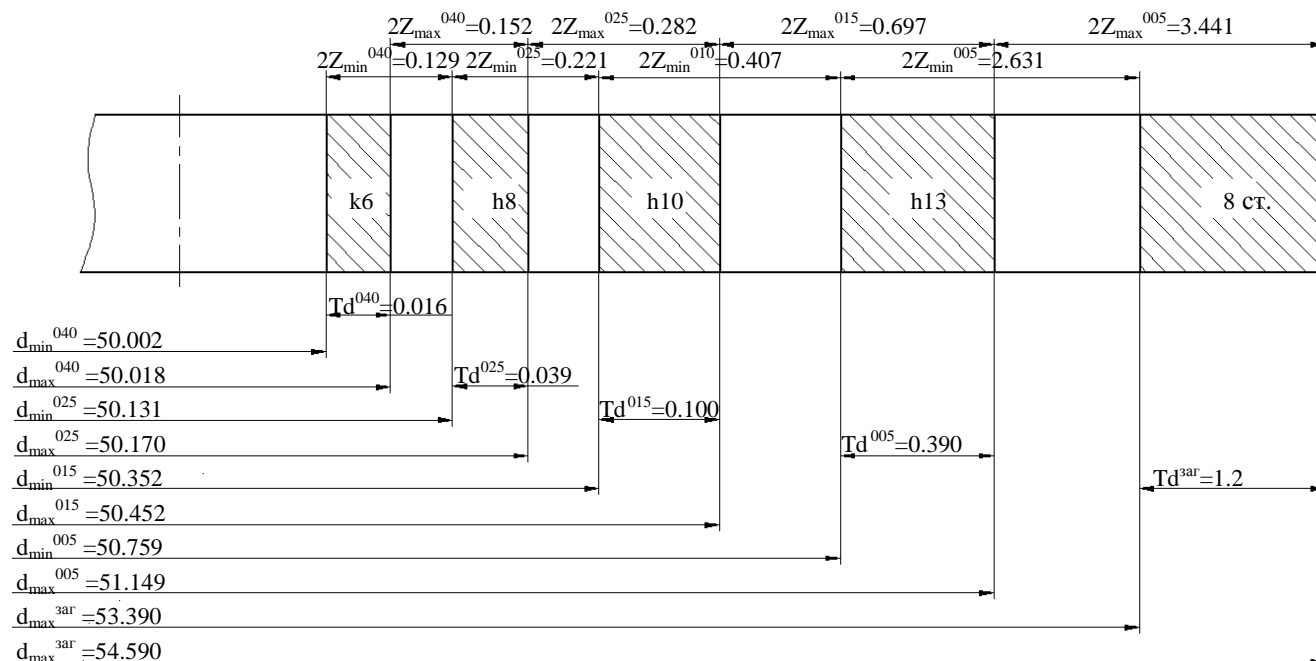


Рисунок 2.2 – Схема расположения припусков, допусков и операционных размеров на шейку $\varnothing 50k6 \begin{matrix} +0.018 \\ -0.002 \end{matrix}$

2.5.1.2 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Произведем расчет промежуточных припусков табличным методом на основе [12, 191]

Результаты расчетов припусков приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6- Припуски на обработку поверхностей полукартера ведущего моста

№ оп	Наименование оп.	№ обрабатываемых поверхностей	Припуск на сторону, мм
1	2	3	4
005	Токарная (черновая)	3,4,5,7,8,9	1,5
010	Токарная (черновая)	1,2,10-15,17-18	1,5
015	Токарная (чистовая)	3,4,5-9	0.35
020	Токарная (чистовая)	1,2,10-18	0.35
025	Круглошлифовальная (черновая)	5,7	0,16
030	Токарная (тонкая)	13-15,17,18	0.15
040	Круглошлифовальная (чистовая)	7	0.09

2.5.2 Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на токарную операцию 015.

2.5.2.1 Исходные данные

Деталь - полукартер ведущего моста

Материал - чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85 180 НВ

Заготовка - отливка

Приспособление - патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий

Смена детали - ручная

Жесткость - средняя

2.5.2.2 Структура операции (последовательность переходов)

Оп 015 Токарная (чистовая).

Содержание операции: точить поверхн., выдержать размеры $\varnothing 50,5_{-0,10}$; $\varnothing 74_{-0,12}$; $2,25 \times 45^\circ$; R5; $37,5 \pm 0,05$; $55,65_{-0,10}$; $80,5 \pm 0,07$

2.5.2.3 Выбор режущих инструментов

Резец токарный. Пластина ВК4М $\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 27^\circ$, $\lambda = -2^\circ$, $\alpha = 11^\circ$; $h=25$ $b=25$
 $L=125$

2.5.2.4 Выбор оборудования

Принимаем станок токарный - SAMAT 135 NC

2.5.2.5 Расчет режимов резания

2.5.2.5.1 Глубина резания t , мм

$t = 0,35$ мм

2.5.2.5.2 Подача S , мм/об

$S = 0.2$ мм/об [14, с.268].

2.5.2.5.3 Определим скорость резания расчетную V , м/мин

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.15)$$

где C_U - коэффициент; $C_U = 292$ [14, с.270]

T -стойкость, мин; $T = 40$ мин;

t -глубина резания, мм;

m, x, y - показатели; $m = 0.2$, $x = 0.15$, $y = 0.20$ [14, с.270]

K_U - поправочный коэфф., фактических условий резания.

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.16)$$

где $K_{МУ}$ – коэфф., качества обрабатываемого материала. [14, с.261]

$K_{ПУ}$ – коэфф., состоянич поверхности заготовки;

$K_{ПУ} = 1.0$ [14, с.263]

$K_{ИУ}$ – коэфф., материала инструмента; $K_{ИУ} = 1,0$ [14, с.263]

$$K_{МУ} = \left(\frac{190}{HB}\right)^n, \quad (2.17)$$

где n - показатель степени. $n = 1,25$ [14, с.264];

HB- твердость

$$K_{МУ} = \left(\frac{190}{180}\right)^{1,25} = 1,07.$$

$$K_U = 1.1 \cdot 1.0 \cdot 1,07 = 1,18.$$

$$V = \frac{292}{40^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,2^{0,20}} \cdot 1,18 = 266.1 \text{ м/мин.}$$

2.5.2.5.4 Частота вращения шпинделя n , мин^{-1} определяется по формуле

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

где V - расчётная скорость резания, м/мин.

$$\text{При точении } \varnothing 50,5: n_1 = \frac{1000 \cdot 266.1}{3.14 \cdot 50.5} = 1678 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{При точении } \varnothing 74: n_2 = \frac{1000 \cdot 266.1}{3.14 \cdot 74} = 1145 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{При подрезке торца до } \varnothing 119,7: n_3 = \frac{1000 \cdot 266.1}{3.14 \cdot 119.7} = 708 \text{ мин}^{-1}$$

2.5.2.5.5 Произведем корректировку частоты вращения

$$n_1 = 1678 \text{ мин}^{-1}; n_2 = 1145 \text{ мин}^{-1}; n_3 = 708 \text{ мин}^{-1}$$

2.5.2.5.6 Произведем расчёт сил, возникающих при резании
Составляющая силы резания P_z , Н определяется по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.19)$$

где C_p – коэфф.; $C_p = 92$ [14, с.273]

x, y, n - показатели $x=1.0, y=0.75, n=0$;

K_p – коэфф..

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{gp}, \quad (2.20)$$

K_{MP} – коэфф. на обрабатываемый материал [14, с.264]

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (2.21)$$

где n - показатель степени. $n = 0,4$ [14, с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{180}{190} \right)^{0,4} = 0,98;$$

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{gp}$ - коэфф.-ты на составляющие силы резания.

$$K_{\varphi p}=0,89 \quad K_{\gamma p}=1,0 \quad K_{\lambda p}=1,0 \quad K_{gp} = 1,0$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 254,4^0 \cdot 0,98 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 99 \text{ Н.}$$

2.5.2.5.6 Мощность резания N , кВт определяется по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{99 \cdot 254,4}{1020 \cdot 60} = 0,41 \text{ кВт} \quad (2.22)$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16К20Ф3

$N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}; 0,41 < 7,5$, т. е. обработка возможна.

2.5.3 Расчет режимов резания табличным методом

Выполним расчет на круглошлифовальную операцию 025

2.5.3.1 Исходные данные

Деталь - полукартер ведущего моста

Материал - чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85 180 НВ

Заготовка - отливка

Обработка - торцекруглошлифовальная

Тип производства - среднесерийное

Приспособление - патрон мембранный

Смена детали - ручная

Жесткость станка – средняя

2.5.3.2 Структура операций (последовательность переходов)

Операция 025 Круглошлифовальная (черновая)

Содержание операции: шлифовать поверхн., выдерж. разм. $\varnothing 50,18_{-0,039}$;
 $55,15_{-0,074}$

2.5.3.3 Выбор оборудования

Принимаем торцекруглошлифовальный п/а 3Б153Т

Частота вращения, мин^{-1} , шпинделя

- шлифовальной бабки: 1320

- бабки заготовки: 78...780

Угол поворота шлифовальной бабки: $26^{\circ}34'$

Непрерывная подача для врезного шлифования (бесступенчатое регулирование): 0,05...1,5 мм/мин

Мощность электродвигателя привода шлифовального круга: 7,5 кВт

2.5.3.4 Выбор режущих инструментов

Шлифовальный круг 3 500x30x203 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл.
ГОСТ Р 52781-2007

2.5.3.5 Расчет режимов резания

2.5.3.5.1 Глубина резания t , мм.

$t = 0,16$ мм.

8.2.5.2 Поперечная подача круга, мм/дв.ход

$S_{\text{дв.ход}} = 0,005-0,008$ мм/дв.ход

Принимаем $S_{\text{дв.ход}} = 0,006$ мм/дв.ход

2.5.3.5.2 Подача минутная, мм/мин

Подача минутная, $S_{\text{м.пр.}}$, мм/мин, в автоматическом цикле при предварительной обработке определяется по формуле [1, с. 173]

$$S_{\text{м.пр.}} = S_{\text{м.пр.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.23)$$

Подача минутная, $S_{\text{м.ок.}}$, мм/мин, в автоматическом цикле при окончательной обработке определяется по формуле [1, с. 173]

$$S_{\text{м.ок.}} = S_{\text{м.ок.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.24)$$

где $S_{\text{м.пр.}}$, $S_{\text{м.ок.}}$ – минутные подачи по таблице, мм/мин [1, с. 173]

K_1 – коэфф на материал и скорость [1, с. 174];

K_2 – коэфф на припуск [1, с. 175];

K_3 – коэфф. на D круга [1, с. 175]

$$S_{\text{м.пр.}} = 2,0 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1,6 \text{ мм/мин}$$

$$S_{\text{м.ок.}} = 0,55 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,45 \text{ мм/мин}$$

2.5.3.5.3 Корректировка минутной подачи по паспортным данным станка
Принимаем по паспорту станка 3Б153Т (бесступенчатое регулирование)

$$S_{\text{м.пр.}} = 1,5 \text{ мм/мин}$$

$$S_{\text{м.ок.}} = 0,45 \text{ мм/мин}$$

2.5.3.5.3 Скорость круга, V_k , м/с [1, с. 171]:

$$V_k = 35 \text{ м/с}$$

2.5.3.5.4 Скорость вращения детали, V_d м/мин [1, с. 171]:

$$V_d = 35 \text{ м/мин}$$

2.5.3.5.5 Частота вращения шпинделя детали n , мин^{-1} , определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35}{3.14 \cdot 50.18} = 222 \text{ мин}^{-1}.$$

2.5.3.5.6 Корректировка частоты вращения шпинделя детали по паспортным данным станка.

$$n = 222 \text{ мин}^{-1}.$$

Рассчитаем режимы резания на остальные операции техпроцесса, пользуясь [1]. Результаты расчета в таблице 2.7

Таблица 2.7 - Сводная таблица режимов резания

№ оп	Наименование оп.	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скор-регриванная по паспорту станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_r , м/мин	Частота вращения шпинделя соответствующая табличной скорости, об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарная (черновая)	Точить Ø51,2	1,5	0,4	138,9	864	864	138,9
		Точить Ø74,7	1,5	0,4	138,9	592	592	138,9
		Подрезать торец до Ø122,8	1,5	0,4	138,9	360	360	138,9
010	Токарная (черновая)	Точить Ø119,7	1,5	0,4	138,9	369	369	138,9
		Расточить Ø118	1,5	0,4	125,0	337	337	125,0
		Расточить Ø83,1	1,5	0,4	125,0	479	479	125,0
		Расточить Ø73,3	1,5	0,4	125,0	543	543	125,0
		Расточить Ø41,3	1,5	0,4	125,0	954	954	125,0
		Расточить Ø32,3	1,5	0,4	125,0	1232	1232	125,0
015	Токарная (чистовая)	Точить Ø50,5	0,35	0,2	266,1	1678	1678	266,1
		Точить Ø74	0,35	0,2	266,1	1145	1145	266,1
		Подрезать торец до Ø119,7	0,35	0,2	266,1	708	708	266,1
020	Токарная (чистовая)	Точить Ø119	0,35	0,2	266,1	712	712	266,1
		Расточить Ø118,7	0,35	0,2	239,5	642	642	239,5
		Расточить Ø83,8	0,35	0,2	239,5	910	910	239,5
		Расточить Ø74	0,35	0,2	239,5	1030	1030	239,5
		Расточить Ø42	0,35	0,2	239,5	1816	1816	239,5
		Расточить Ø33	0,35	0,2	239,5	2311	2240	232,1
025	Круглошлифовальная (черновая)	Шлифовать Ø 50,18	0,16	1,5/0,45 *	35	222	222	35
030	Токарная (тонкая)	Расточить Ø113	0,15	0,05	360,0	1014	1014	360,0
		Расточить Ø84,14	0,15	0,05	360,0	1362	1362	360,0
		Расточить Ø74,3	0,15	0,05	360,0	1543	1543	360,0
035	Сверлильная	Сверлить Ø10	5,0	0,08/0,3	32	1014	1014	32,0
		Сверлить Ø11	5,5	0,3	34	984	984	34,0
040	Круглошлифовальная (чистовая)	Шлифовать Ø 50	0,09	1,1/0,30 *	35	222	222	35

*-подача в мм/мин.

2.5.4 Определение норм времени на все операции

Штучно-калькуляционное время $T_{шт-к}$, мин, определяется по формулам [5]:

Расчет норм времени на токарную операцию 015

Основное время T_o , мин, определяются по формуле [9, с. 94]

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.25)$$

где L_{px} —длина хода, мм.

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.26)$$

где $L_{рез}$ —суммарная длина резания, мм;

l_1 —длина подвода, мм;

l_2 —длина врезания, мм;

l_3 —длина перебега, мм;

i —число проходов.

Для контурного резца с углом $\varphi=90^\circ$ при чистовом точении $l_1 + l_2 + l_3 = 4$ мм

$$T_o = \frac{42}{1678 \cdot 0,2} + \frac{9}{1145 \cdot 0,2} + \frac{19}{708 \cdot 0,2} = 0,125 + 0,039 + 0,134 = 0,298 \text{ мин}$$

Вспомогательное время равно:

$$T_b = (0,15 + 0,10 + 0,06 \cdot 7 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 0,618 \text{ мин}$$

Оперативное время равно

$$T_{оп} = 0,298 + 0,618 = 0,916 \text{ мин}$$

При затратах времени $T_{об.от}$ равным 6% от оперативного $T_{оп}$ [5, с.214]

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 0,916 = 0,055 \text{ мин}$$

Норматив $T_{п-з}$ по [5, с.215]:

$$T_{п-3} = 17 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,916 + 0,055 = 0,971 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 0,971 + 17/236 = 1,043 \text{ мин}$$

Расчет норм времени на круглошлифовальную операцию 025.

Основное время T_o , мин определяются по формуле [1, с. 170]

$$T_o = 1,3a_{пр}/S_{м пр} + a_{ок}/S_{м ок} + T_{вых}, \quad (2.27)$$

где $a_{пр}$ – припуск, снимаемый на этапе предварительной подачи, мм;

$a_{ок}$ – припуск, снимаемый на этапе окончательной подачи, мм;

$S_{м пр}$ – минутная подача на этапе предварительной подачи, мм/мин;

$S_{м ок}$ – минутная подача на этапе окончательной подачи, мм/мин;

$T_{вых}$ – время выхаживания, мин [1, с. 175]

$$T_o = 1,3 \cdot 0,08 / 1,5 + 0,08 / 0,45 + 0,08 = 0,327 \text{ мин}$$

Вспомогательное время равно:

$$T_b = (0,15 + 0,1 + 0,1 \cdot 3 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 0,573 \text{ мин}$$

Оперативное время равно

$$T_{оп} = 0,327 + 0,573 = 0,900 \text{ мин}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места:

$$T_{тех} = 1,0 \cdot 0,327 / 20 = 0,016 \text{ мин}$$

При затратах времени $T_{орг}$ для круглошлифовального станка равным 1,7% от оперативного $T_{оп}$ [5, с.214]:

$$T_{от} = 0,017 \cdot 0,900 = 0,015 \text{ мин}$$

При затратах времени $T_{от}$ равным 6% от оперативного $T_{оп}$ [5, с.214]:

$$T_{от} = 0,06 \cdot 0,900 = 0,054 \text{ мин}$$

Норматив $T_{п-3}$ определим по [5, с.215]:

$$T_{п-3} = 21 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,900 + 0,016 + 0,015 + 0,054 = 0,985 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 0,985 + 21/236 = 1,074 \text{ мин}$$

Аналогично рассчитаем нормы времени на остальные операции. Результаты расчетов в таблице 2.8

Таблица 2.8- Нормы времени

№ оп	Наименование оп	T_o	T_v	$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	n	$T_{шт-к}$
		мин	мин	мин	мин	мин	мин		мин
05	Токарная (черновая)	0,312	0,592	0,904	0,054	17	0,958	236	1,030
10	Токарная (черновая)	0,856	0,703	1,559	0,093	20	1,652	236	1,737
15	Токарная (чистовая)	0,298	0,618	0,916	0,055	17	0,971	236	1,043
20	Токарная (чистовая)	0,851	0,751	1,602	0,096	20	1,698	236	1,783
25	Круглошлифовальная (черновая)	0,327	0,573	0,900	0,085	21	0,985	236	1,074
30	Токарная (тонкая)	0,965	0,729	1,694	0,102	24	1,796	236	1,898
35	Сверлильная	1,444	0,592	2,036	0,122	28	2,158	236	2,277
40	Круглошлифовальная (чистовая)	0,292	0,536	0,828	0,081	21	0,909	236	0,998

3 Проектирование станочного приспособления и захватного устройства промышленного робота

3.1 Проектирование станочного приспособления

3.1.1 Анализ конструкции базового приспособления.

Цель проектирования

На 015 токарной операции для закрепления детали в базовом варианте применяется 3-х кулачковый рычажный патрон, его недостатком является низкая точность установки заготовки из-за износа ползуна и втулки в местах контакта со сферическими концами рычага, невозможность регулировки кулачков.

Таким образом, задачей данного подраздела является проектирование токарного рычажного патрона с большей надежностью закрепления и большей точностью установки. Вместо рычага со сферическими концами применим сборный рычаг с плунжерами, где контакт производится по плоскости, а не линии. Предусмотрим возможность регулировки кулачков в радиальном направлении.

3.1.2 Расчет усилия резания

При точении ведем расчет по главной составляющей силы резания P_z .
Главная составляющая силы резания определена п. 2.5.2.5.6: $P_z = 99 \text{ Н}$.

3.1.3 Расчет усилий закрепления заготовки

Схема действий сил резания и сил зажима показана на рисунке 3.1.

Сила P_z при обработке создает момент резания $M_{рез}$, которому противодействует момент трения $M_{тр}$ между установочной поверхностью кулачков и обрабатываемой заготовки.

Тогда условие равновесия определяется по формуле:

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{рез}}, \quad (3.1)$$

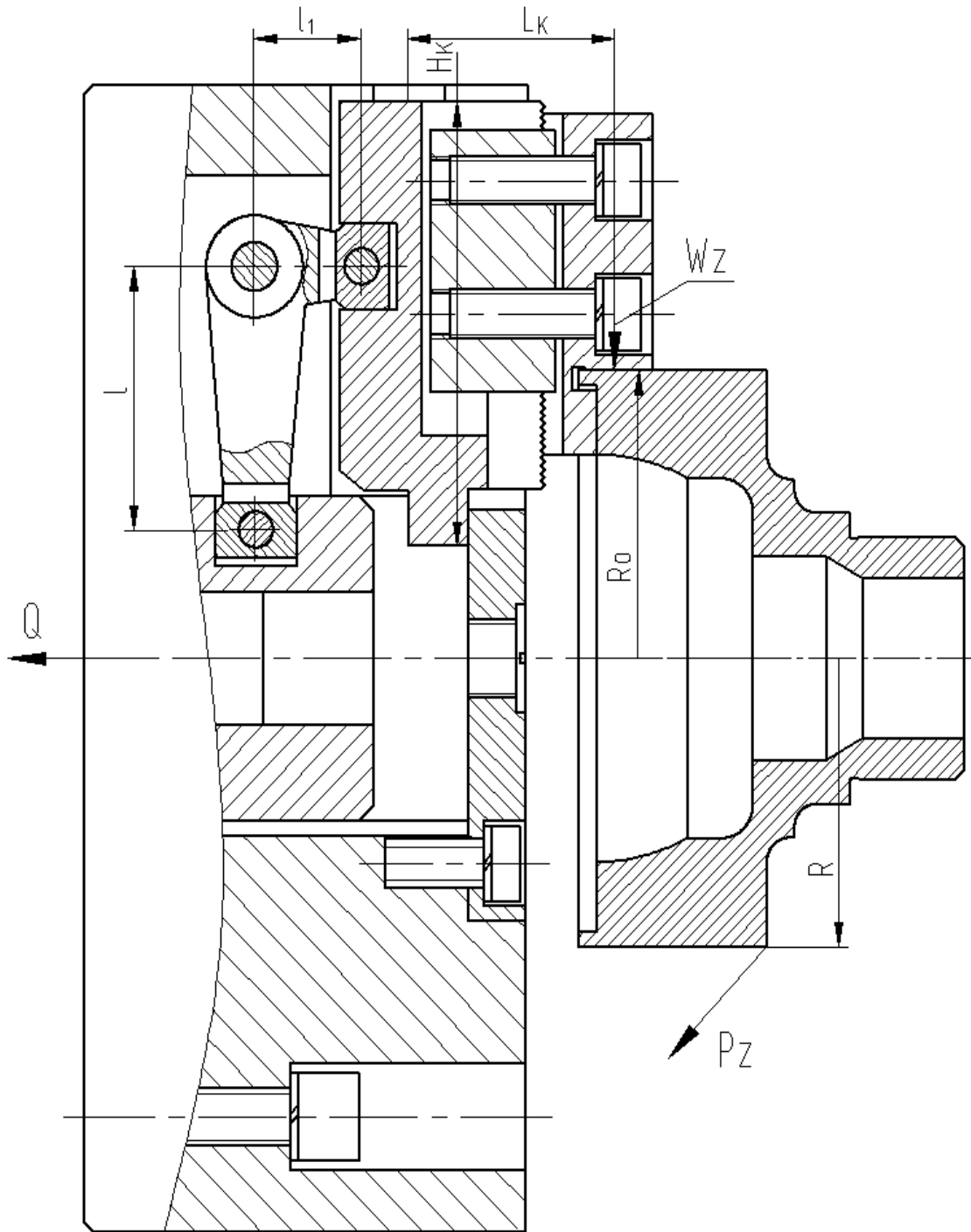


Рисунок 3.1 - Схема действий сил резания и сил зажима

Суммарный момент резания $M_{\text{рез}}$

$$M_{\text{рез}} = P_z \cdot R, \quad (3.2)$$

где P_z – сила резания, Н;

R - радиус, мм;

Суммарный момент трения $M_{тр}$ определяется по формуле:

$$M_{тр} = T \cdot R_0 = W_z \cdot f \cdot R_0, \quad (3.3)$$

где T – сила трения, Н;

W_z – сила зажима, Н;

f – коэфф трения; При гладкой поверхности кулачков $f = 0,16$ [2, с. 153];

R_0 - радиус зажимаемой поверхности, мм.

Определим необходимое усилие зажима с учетом коэффициента запаса K по формуле :

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (3.4)$$

где K- коэффициент, определяем по формуле [15, с.382]:

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

где K_{0-6} - коэффициенты [15, с.382];

$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16$, если $K < 2,5$, то принимаем $K=2,5$.

Тогда силу зажима, определим подставив значения в формулу (3.4):

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 99 \cdot 119 / 2}{0,16 \cdot 119 / 2} = 1547 \text{ Н.}$$

3.1.4 Расчет зажимного механизма

Схема зажимного механизма представлена на рисунке 3.1.

Величина рассчитанного усилия зажима W_1 , рассчитывается по формуле

[2, с.153]:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \left(\frac{L_K}{H_K} \right)} \quad (3.6)$$

где $K_1 = (1,05 \div 1,2)$ – коэффициент сил трения в патроне. Принимаем $K_1 = 1,1$
[2, с.153]

f_1 – коэффициент трения; $f_1 = 0,1$ [2, с.153];

L_K – вылет кулачка, мм; $L_K = 45$ мм;

H_K – длина направляющей постоянного кулачка, мм; $H_K = 92$ мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.6):

$$W_1 = 1,1 \cdot \frac{1547}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{45}{92} \right)} = 1994 \text{ Н.}$$

Определяем усилие Q :

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l} \quad (3.7)$$

где l_1, l – плечи рычага, мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.7), получим:

$$Q = 1994 \cdot \frac{22}{55} = 798 \text{ Н.}$$

3.1.5 Расчет силового привода

В качестве привода принимаем пневмоцилиндр двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа.

Тянущая сила на штоке для привода двухстороннего действия определяется по формуле [15, с. 449]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

где Q – тянущая сила на штоке, Н;

D – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;

d – диаметр штока пневмоцилиндра, мм;

p – рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,95$ -КПД привода.

По [15, с. 379] приближенно примем $d = 0.25D$, получим:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2(1 - 0.25^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0.9375 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \quad (3.9)$$

Тогда выразим отсюда D :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0.9375 \cdot p \cdot \eta}} = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (3.10)$$

Подставим определенные значения в формулу (3.7):

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{798}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,1 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ 15608-81 с учетом габаритов приспособления, размера присоединяемого конца шпинделя стандартное значение присоединяемого пневмоцилиндра $D = 100$ мм.

Определим ход рычага в месте закрепления (ход кулачков) по формуле[^]

$$S_{p(w)} = T + \Delta_{\text{ГАР}} + \frac{W}{J_p} + \Delta S_p, \quad (3.11)$$

где T – допуск на размер от базовой поверхности до поверхности закрепления, мм; для $\varnothing 119h13$ $T = 0.54$ мм;

$\Delta_{\text{ГАР}}$ – гарантированный зазор между поверхностью заготовки и зажимным элементом ($\Delta_{\text{ГАР}} = 0.2 \dots 0.4$ мм), мм;

J_p – жесткость РЗМ ($J_p = 14700\text{-}24500$ кН/м), Н/мм;

ΔS_p - запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления рычага ($\Delta S_p = 0.2 \dots 0.4$ мм), мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.11), получим:

$$S_{p(w)} = 0,54 + 0,3 + \frac{1994}{2,0 \cdot 10^4} + 0,3 = 1,24 \text{ мм, принимаем } S_{p(w)} = 1,25 \text{ мм.}$$

Ход рычага в месте соединения с приводом (ход штока пневмоцилиндра) определим по формуле:

$$S_{p(Q)} = S_{p(w)} \cdot i_{\Pi}, \quad (3.12)$$

где i_{Π} - передаточное отношение перемещений рычага, мм, определяем по формуле:

$$i_{\Pi} = \frac{L_2}{L_1}, \quad (3.13)$$

где L_1 и L_2 – расстояния от опоры до мест приложения усилий Q и W соответственно, мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.12), получим:

$$S_{p(Q)} = 1.25 \cdot \frac{55}{22} = 3.2 \text{ мм, примем } S_{p(Q)} = 3.5 \text{ мм.}$$

3.1.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления

По результатам расчетов выполняем чертеж приспособления.

Приспособление состоит из рычажного самоцентрирующего патрона и пневмопривода.

Патрон крепится винтами 26 с шайбами 42 к концу шпинделя станка. Патрон содержит корпуса 4, в его направляющих устанавливаются подкулачники 12. К подкулачникам 12 сухарями 17 с винтами 25 и шайбами 41 крепятся кулач-

ки 8. В отверстии корпуса на винте 27 устанавливается втулка 1. В пазу подкулачника 12 и в выточке втулки 1 установлены сухари 18, которые установлены на рычаге 16 с помощью осей 9. Рычаг 16 фиксируется в корпусе патрона осью 10. К корпусу 4 винтами 24 крепится фланец 20 с пробкой 13.

Винт 27 с помощью гайки 31 крепится к тяге 19, которая, в свою очередь соединена со штоком 21 пневмоцилиндра.

Пневмопривод состоит из корпуса 5, в нем на подшипниках 38 устанавливается крышка 7, которая крепится винтами 23 с шайбами 40 к корпусу пневмоцилиндра 6. На штоке 21 устанавливается поршень 11, который закрепляется гайкой 30 и стопорной шайбой 39. На поршне установлены демпферы 3.

Между подшипниками 38 стоит втулка 2. Левый подшипник стопорится кольцом 37.

Для подачи воздуха в корпусе пневмоцилиндра просверлены отверстия, выходные отверстия их закрываются пробками 14.

Для уплотнения в пневмоцилиндре устанавливаются резиновые кольца 32, 33, 34, 35, 36.

Патрон работает следующим образом:

Заготовка устанавливается с помощью кулачков 8 с упором в торец. Когда воздух подается в штоковую камеру пневмоцилиндра, то поршень 11 через шток 21, тягу 19 и винт 27 тянет втулку 1 влево, тогда рычаг 16 проворачивается на оси 10 и сдвигает с помощью сухарей 18 подкулачники 12 с закрепленными на них кулачками 8, которые и зажимают заготовку. Когда воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра, поршень 11 движется вправо, вышеописанный цикл происходит в противоположном направлении и заготовка разжимается.

3.2 Проектирование захватного устройства промышленного робота

3.2.1 Описание робото-технического комплекса механической обработки

На токарных черновых и чистовых операциях технологического процесса для загрузки и выгрузки деталей используется робото-технический комплекс.

При разработке планировки РТК следует учитывать следующие условия: должны обеспечиваться условия техники безопасности, удобства эксплуатации и

обслуживания оборудования.

Учитывая эти условия, komponуем РТК: промышленный робот (ПР) располагаем перед станком как можно ближе к рабочим приспособлениям станка с таким расчетом, чтобы деталь при загрузке не задевала выступающих частей рабочих приспособлений (кулачков патрона, заднего центра).

Положение ожидания ПР выбираем так, чтобы робот не мешал открыванию и закрыванию защитного экрана станка, но не слишком далеко от шпинделя, в целях сокращения вспомогательного времени. По высоте ПР необходимо располагать таким образом, чтобы ось манипулятора была над осью вращения шпинделя.

Слева от промышленного робота на одной оси с осью шпинделя расположим транспорт-накопитель с заготовками. Справа от ПР расположим транспортер-накопитель с деталями для передачи на другую операцию.

На основе конструктивных параметров обрабатываемой заготовки, техпроцесса их обработки и выбранного станка по выбираем транспортер-накопитель СТ220, предназначенный для хранения запаса заготовок и подачи их в зону захвата загрузочным устройством (в зону смены деталей на транспортере-накопителе).

Основные параметры транспортера-накопителя СТ-220:

длина $L=3260$ мм, ширина $B=700$ мм, высота $H=700\dots850$ мм, количество пластин $n_{ст}=24$, грузоподъемность одной пластины $q=10$ кг, ширина пластины $A=220$ мм, длина пластины $B=252$ мм.

Рабочая площадь пластины: ширина пластины $b=A=220$ мм, длина пластины $l=220$ мм.

На рисунке 3.2. представлен эскиз РТК.

Технические характеристики промышленного робота М20П.40.01:

Грузоподъемность, кг	20
Число степеней подвижности	5
Число рук	1
Наибольший вылет руки R, мм	1100
Линейные перемещения, мм: по оси Z	500

по оси R	1100
Скорость перемещения, м/с:	
по оси Z	0,008...0,5
по оси R	0,008...1,0
Угловые перемещения, град:	
в направлении α	-90...180
в направлении β	$\pm 3,5$
в направлении θ	300
Скорость угловых перемещений, град/с:	
в направлении α	60
в направлении β	30
в направлении θ	0,001...0,06
Погрешность позиционирования, мм	$\pm 1,0$

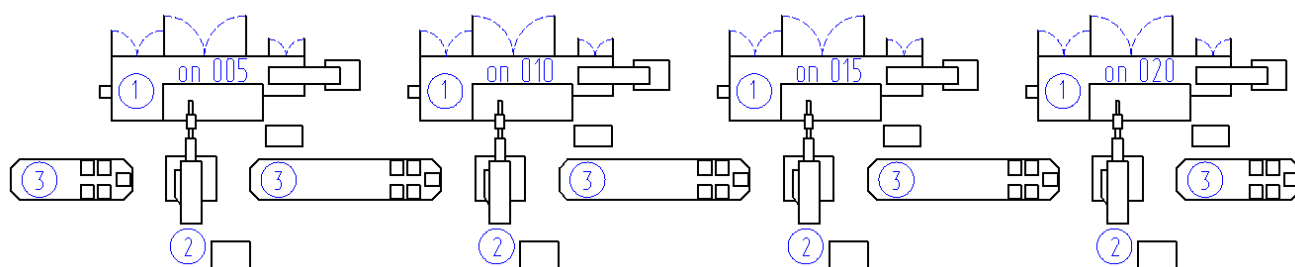


Рисунок 3.2 – Эскиз робото-технического комплекса

1 - Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3, 2 - Промышленный робот М20П.40.01, 3 - Тактовый стол СТ-220

3.2.2 Анализ конструкции базового захватного устройства.

Цели проектирования

Целью проектирования является разработка нового захватного устройства, отличающегося простотой конструкции, небольшими габаритами, надежностью конструкции.

3.2.3 Расчет нагрузок и реакций в губках

Схема закрепления детали показана на рисунке 3.3.

Необходимо определить точки приложения сил, реакции в губках для наихудшего случая положения детали в случае ее вертикального перемещения.

Силы захватывания, которые требуются для удержания заготовки в процессе ее перемещения определим по формуле:

$$W = K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g , \quad (3.14)$$

где K_1 -коэффициент безопасности, принимаем $K_1=3$;

K_2 -коэффициент передачи, определяем по формуле:

$$K_2 = \sin \alpha / (2 \cdot \mu) \quad (3.15)$$

где μ -коэффициент трения в месте контакта губок с заготовкой, $\mu = 0,16$;

m -масса заготовки, кг;

$G=9,8 \text{ м/с}^2$ -ускорение свободного падения.

Подставим определенные данные в формулу (3.14), получим:

$$W = 3 \cdot \sin 50 \cdot 2,7 \cdot 9,8 / (2 \cdot 0,16) = 190 \text{ Н.}$$

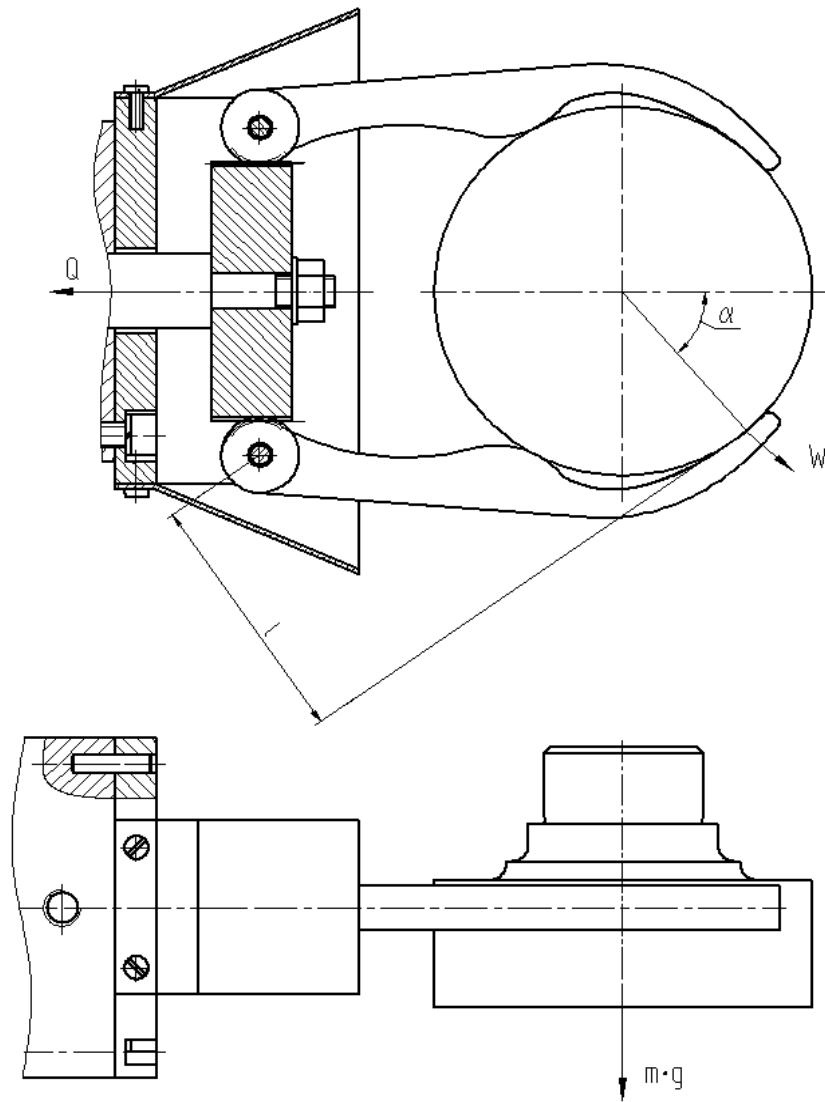


Рисунок 3.3 - Схема захватного устройства

3.2.4 Расчет усилия привода

Определим момент и силы привода захватного устройства.

Расчетная схема захватного устройства показана на рисунке 3.3

Соотношение между силой Q привода, силами на губках захватного устройства определим из условия статического равновесия:

:

$$Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (3.16)$$

где Q - усилие на приводе;

η - КПД реечной передачи;

m_c - модуль зубчатого сектора;

r_c - полное число зубьев сектора;

M - наибольший момент.

Сила на штоке пневмоцилиндра с учетом КПД механизма, определяется по формуле:

$$Q = \frac{1}{m_c \cdot r_c \cdot \eta} \cdot 2 \cdot W \cdot l \quad (3.17)$$

Подставив значения в формулу, получим:

$$Q = \frac{2 \cdot 190 \cdot 82}{0.75 \cdot 20 \cdot 0.9} = 2308 \text{ Н}$$

3.2.5 Определение конструктивных параметров привода

В качестве привода принимаем пневмопривод с рабочим давлением $p=0,63\text{МПа}$.

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра по формуле (3.10):

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{2308}{0,63 \cdot 0.9}} = 74.6 \text{ мм}$$

По ГОСТ 15608-81 принимаем стандартное значение $D = 80 \text{ мм}$.

Ход губок, необходимый для захвата деталей равен 22 мм.

Ход штока пневмоцилиндра с учетом запаса хода равен 4 мм.

3.2.6 Описание конструкции и принципа работы захватного устройства

Описание захватного устройства:

Захватное устройство содержит губки 3, служащие для зажима заготовки. Губки 3 установлены во фланце 11 с помощью осей 8, зафиксированных кольцами 6. Губки 3 своим зубчатым сектором входят в зацепление с зубчатой рейкой 10. Рейка 10 установлена на конце штока 13 и зафиксирована гайкой 16 с шайбой

24. Фланец 11 крепится к корпусу 5 с помощью винтов 16 с шайбами 24 и штифтов 25. Для защиты зубчатого механизма от грязи к фланцу 11 винтами 15 крепится кожух 1.

Пневмоцилиндр состоит из корпуса 5, к которому с помощью винтов 14 с шайбами 23 крепится крышка 7. Через отверстие корпуса 5 проходит шток 13, на конце которого с помощью гайки 17 со стопорной шайбой 22 крепится поршень 9. Для уплотнения в пневмоцилиндре установлены резиновые кольца 18,19,20,21. Для предотвращения ударов поршня 9 о стенки цилиндра, на поршне установлены демпферы 4. Давление в цилиндр подается через два отверстия с резьбой R1/4”.

Устройство работает следующим образом:

При подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 9 тянет шток 13, губки 3, входящие в зацепление с зубьями рейки 10 поворачиваются на осях 8 и закрепляют заготовку.

При подаче воздуха в поршневую полость шток с рейкой отходит вправо и разжимает заготовку.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Наименование технического объекта ВКР (технологический процесс, технологическая операция, технологическое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, приспособление, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) приводится в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Отливка	Заготовительная операция	Литейщик	Печь литейная	Металл
2	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC Токарный станок с ЧПУ 160НТ	Металл, СОЖ
3	Сверление	Сверлильная операция	Оператор станка с ЧПУ	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Металл, СОЖ
4	Круглое шлифование	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	Круглошлифовальный п/а 3Б153Т	Металл, СОЖ

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификацию производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков - опасных и /или вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, источник этих факторов – оборудование, материал, вещество приводим в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Заготовительная операция	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте	Печь литейная
2	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC Токарный станок с ЧПУ 160НТ
3	Сверлильная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500
4	Круглое шлифование	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и абразивная стружка, металлическая пыль); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Круглошлифовальный п/а 3Б153Т

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора.

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования; передвижающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие (СОЖ)	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, защитный экран	Респиратор, перчатки

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания	Беруши, наушники

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

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);

б) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

1) пламя и искры;

2) тепловой поток;

3) повышенная температура окружающей среды;

4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;

5) пониженная концентрация кислорода;

6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Литейный участок	Печь литейная	Пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D)	Пламя и искры; тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок лезвийной обработки	Токарно-винторезный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC Токарный станок с ЧПУ 160НТ Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок абразивной обработки	Круглошлифовальный п/а ЗБ153Т	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (ВКР)

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приводятся в таблице 4.5

Таблица 4.5 - 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)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сверлильная операция Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимом данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

4.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сверлильная операция	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Пыль стальная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (ВКР) согласно нормативных документов (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Фрезерование
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидро-	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения

сферу	
-------	--

Продолжение таблицы 4.8

1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления полукартера ведущего моста электрокара, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу изготовления полукартера ведущего моста электрокара., выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

5 Экономическая эффективность работы

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

Для выполнения данного раздела, будем использовать описанные условия и рассчитанные параметры технологического процесса изготовления детали «Полукартер ведущего моста электрокара». Особый интерес из этой информации для экономической эффективности работы представляют изменения, а точнее отличия между сравниваемыми вариантами. Поэтому считаем необходимым указать только эти изменения, которые, в конечном счете, и позволят сделать вывод о целесообразности описанных изменений. Краткое описание сравнений по вариантам представлено в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая сравнительная характеристика вариантов ТП

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
<p>Операция 030 – Внутришлифовальная Получистовая обработка отверстий производится шлифованием в три перехода: <i>1 переход</i> – шлифование отверстий 17, 18 ($T_0=0,565$ мин.); <i>2 переход</i> – шлифование сферы 15 ($T_0=0,51$ мин.); <i>3 переход</i> – шлифование отверстий 13, 14 ($T_0=0,662$ мин.).</p> <p><u>Оборудование</u> – Торцевнутришлифовальный п/а, модель 3К227В.</p> <p><u>Оснастка</u> – мембранный патрон.</p> <p><u>Инструмент</u> – <i>переход 1</i> – шлифовальный круг 5 60×20×15 91AF36P4VA 35м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007; <i>переход 2</i> – шлифовальный круг 5 50×30×15 91AF36P4VA 35м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007; <i>переход 3</i> – шлифовальный круг 5 40×20×10 91AF36P4VA 35м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007.</p>	<p>Операция 030 – Токарная тонкая Получистовая обработка отверстий производится тонким точением в два перехода: <i>1 переход</i> – растачивание отверстий 17, 18 ($T_0=0,335$ мин.); <i>2 переход</i> – контурное растачивание отверстий 13, 14, 15 ($T_0=0,63$ мин.).</p> <p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16В05АФ30-01.</p> <p><u>Оснастка</u> – мембранный патрон.</p> <p><u>Инструмент</u> – <i>переход 1</i> – борштанга регулируемая, пластина расточная ВКЗМ; <i>переход 2</i> – резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин ОСТ 2.И.10.1-83, пластина расточная ВКЗМ.</p>

Продолжение таблицы 5.1

1	2
Масса детали $M = 1,085$ кг. Масса заготовки (отливка) $M_з = 2,7$ кг Материал – чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85	
Тип производства – среднесерийный Условия труда – нормальные. Форма оплата труда – повременно-премиальная.	

Кроме представленных сравнительных параметров, для экономического обоснования нам понадобятся программа выпуска и трудоемкость выполнения операций, которые представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Краткое описание дополнительных исходных данных для экономического обоснования по сравниваемым вариантам

№	Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Базовый	Проектный
1	Годовая программа выпуска	$P_G, шт.$	10000	10000
2	Норма штучного времени, в том числе и машинное время	$T_{шт}, мин.$	3,184	1,898
		$T_{маш}, мин.$	1,737	0,965

С учетом представленных изменений необходимо экономически обосновать целесообразность их внедрения, для этого, применяя методику «Экономического обоснования совершенствования технологического процесса механической обработки» [10], последовательно определим: капитальные вложения, полную себестоимость и экономическую эффективность.

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

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

– капитальные вложения в проектируемый вариант, учитывающие приобретение нового оборудования, замену оснастки и инструмента, затраты на проектирование и многое другое, которые составляют $K_{ВВ.ПР} = 389575,68$ руб. Они учитывают только вложения применительно к заданной программе выпуска;

– полная себестоимость выполнения рассматриваемых операций по вариантам: $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 41,59$ руб., $C_{ПОЛН(ПР)} = 27,19$ руб. Представленные значения не учитывают затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию, ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Все вышеперечисленное, является достаточным материалом для проведения завершающего этапа – экономического обоснования. Согласно представленной ранее методике [10] выполним этот этап по следующему алгоритму:

$$П_{Р.ОЖ} = Э_{УГ} = (C_{ПОЛН(БАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot П_{Г} \quad (5.1)$$

$$П_{Р.ОЖ} = Э_{УГ} = (41,59 - 27,19) \cdot 10000 = 144000 \text{ руб.}$$

$$Н_{ПРИБ} = П_{Р.ОЖ} \cdot K_{НАЛ} \quad (5.2)$$

$$Н_{ПРИБ} = 144000 \cdot 0,2 = 28800 \text{ руб.}$$

$$П_{Р.ЧИСТ} = П_{Р.ОЖ} - Н_{ПРИБ} \quad (5.3)$$

$$П_{Р.ЧИСТ} = 144000 - 28800 = 115200 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{389575,68}{115200} + 1 = 4,382 = 5 \text{ лет}$$

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

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = \Pi_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 115200 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} + \frac{1}{(1+0,15)^4} + \frac{1}{(1+0,15)^5} \right) = 436608 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 436608 - 389575,68 = 47032,32 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ИД} = \frac{436608}{389575,68} = 1,12 \text{ руб./руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операциям 030 технологического процесса изготовления детали «Полукартер ведущего моста электрокара». В результате чего предприятие имеет возможность получить дополнительную прибыль от снижения себестоимости, в размере 115200 руб., а также достичь экономического эффекта положительной величины – 47032,32 руб.

Заключение

В процессе работы были решены поставленные задачи и достигнута цель работы, были получены следующие результаты:

1. Разработан новый технологический процесс изготовления полукартера для среднесерийного типа производства, с применением высокопроизводительного оборудования (станки с ЧПУ, автоматы и полуавтоматы), инструмента и оснастки;

2. Выбран оптимальный метод получения заготовки - отливка, спроектирована заготовка;

3. Разработан патрон 3-х кулачковый рычажный с пневмоприводом для токарной операции;

4. Спроектировано захватное устройство промышленного робота.

Данные изменения позволили достичь цели работы- получение детали с наименьшими затратами, в заданном объеме и лучшим качеством.

Экономическая эффективность от данных изменений составит 47032,32 рубля.

Список используемой литературы

- 1 Барановский Ю.В. Режимы резания металлов, 1995.
- 2 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений, 1980
- 3 Боровков В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки 2013
- 4 Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса, 2013
- 5 Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, 2007
- 6 Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки., 2004.
- 7 Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта», 2016
- 8 ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов, 2010с.
- 9 Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" 1985
- 10 Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей, 2015
- 11 Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 151001 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения, 2008.
- 12 Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техниках, 1986
- 13 Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, 1990
- 14 Справочник технолога - машиностроителя Т. 1 / А.М.Дальский, 2003.
- 15 Справочник технолога - машиностроителя Т. 2 / А.М.Дальский 2003.
- 16 Станочные приспособления: Справочник Т. 1./ Б.Н. Вардашкин, 1984
- 17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент, 2008
- 18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности 1982

Приложения

1. Маршрутная карта технологического процесса.
2. Операционные карты.
3. Спецификация к чертежу станочного приспособления.
4. Спецификация к чертежу захватное устройство промышленного робота.

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
Разраб.	Сотников						ТГУ				XXXX		XXXX								
Пров.	Расторгуев											10141		00001							
Н. Контр.	Виткалов							Полукартер													
M01	Чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85																				
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код.загот.	Профиль и размеры				КД	МЗ								
M02	-	166	1,85			0,68	41211XXX	Ø122,8x87,9				1	2,70								
A	цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа													
B	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.					
01A	XXXXXX 005 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																				
02Б	391148XXX SAMAT 135 NC					2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17	0,958					
03Т	392195XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК8; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																				
04Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																				
05																					
06A	XXXXXX 010 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																				
07Б	391148XXX SAMAT 135 NC					2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	20	1,652					
08Т	392195XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК8; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																				
09Т	392195XXX- резец-вставка расточной ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК8; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69;																				
10Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																				
11																					
12A	XXXXXX 015 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																				
13Б	391148XXX SAMAT 135 NC					2	15929	411	1P	1	1	1	236	1	17	0,971					
14Т	392195XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК4М; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																				
МК																					

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.		
01Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																
02																	
03А	XXXXXX 020 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																
04Б	391148XXX SAMAT 135 NC 2 15929 411 1Р 1 1 1 236 1 20 1,698																
05Т	392195XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК4М; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																
06Т	392195XXX- резец-вставка расточной ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК4М; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69;																
07Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																
08																	
09А	XXXXXX 025 4131 Круглошлифовальная ИОТ И 37.101.7419-85																
10Б	38132XXX ЗБ153Т 2 18873 411 1Р 1 1 1 236 1 21 0,985																
11Т	391810XXX- шлифовальный круг 3 500x30x203 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																
12Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																
13Т	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																
14																	
15А	XXXXXX 030 4110 Токарная ИОТ И 37.101.7034-93																
16Б	391148XXX 160НТ 2 15929 411 1Р 1 1 1 236 1 24 1,796																
17Т	392195XXX- резец-вставка расточной ОСТ 2.И. 10.1-83 В34М; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																
18Т	392195XXX- борштанга расточная регулируемая, пластина ВК3М; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69																
МК																	

Дубл.																											
Взам.																											
Подп.																											
A	<i>цех</i>	<i>Уч.</i>	<i>PM</i>	<i>Опер.</i>	<i>Код, наименование операции</i>												<i>Обозначение документа</i>										
B	<i>Код, наименование оборудования</i>												<i>СМ</i>	<i>Проф.</i>	<i>P</i>	<i>УТ</i>	<i>КР</i>	<i>КОИД</i>	<i>ЕН</i>	<i>ОП</i>	<i>Кшт</i>	<i>Тпз.</i>	<i>Тшт.</i>				
01A	XXXXXX		035		4121 Сверлильная ИОТ И 37.101.7111-89																						
02Б	391213XXX				S500												2	17335	411	1P	1	1	1	236	1	28	2,158
03T	391267XXX- сверло комбинированное Ø10 ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																										
04T	391267XXX- сверло комбинированное Ø11 ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69																										
05																											
06A	XXXXXX		040 4131		Круглошлифовальная ИОТ И 37.101.7419-85																						
07Б	38132XXX				ЗБ153Т												2	18873	411	1P	1	1	1	236	1	21	0,909
08T	391810XXX- шлифовальный круг 3 500х30х203, 63С F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																										
09T	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																										
10T	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																										
11																											
12A	XXXXXX		045 0130		Моечная																						
13Б	375698XXX				КММ																						
14																											
15T	XXXXXX		050 0200		Контрольная																						
16																											
17																											
18																											
МК																											

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
Разраб.	Сотников																	XXXX.XXXX			
Пров.	Расторгуев																		10141.00001		
Н. Контр.	Виткалов																				
												Полукартер				Цех	Уч.	PM	Опер		
																			015		
Наименование операции				Материал				твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД					
4110 Токарная				Чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85				180 НВ	166	1,85	∅122,8x87,9				2,70	1					
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ									
SAMAT 135 NC				XXXXXX				0,298	0,618	17	0,971	Укринол-1									
P							ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V							
01							мм	мм	мм	мм/об об/мин м/мин											
020	1. Установить и снять заготовку																				
03T	396111XXX- патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80																				
040	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-10																				
05T	392195XXX- резец-вставка 25x25 ОСТ 2.И. 10.1-83 ВК4М; 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																				
06T	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83																				
07P							XX	50,5	42	0,35	1	0,25	1678	266,1							
08P							XX	74,0	9	0,35	1	0,25	1145	266,1							
09P							XX	74/119,7	19	0,35	1	0,25	708	266,1							
10																					
11																					
12																					
ОКП																					

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Сотников			ТГУ											XXXX.XXXX					
Пров.	Расторгуев														10141.00001					
Н. Контр.	Виткалов			Полукартер										Цех	Уч.	РМ	Опер			
Наименование операции				Материал		твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД						
4131 Круглошлифовальная				Чугун АЧС-3 ГОСТ 1585-85		180 НВ	166	1,85	Ø122,8x87,9				2,70	1						
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ										
ЗБ153Т				XXXXXX		0,327	0,573	21	0,985	Укринол-1										
P				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V									
01					ММ	ММ	ММ		ММ/МИН	ОБ/МИН	М/МИН									
020	1. Установить и снять заготовку																			
03Т	396111XXX- патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76																			
040	2. Шлифовать поверхн., выдерж. разм. 1-2																			
05Т	391810XXX- шлифовальный круг 3 500x30x203 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																			
06Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- 393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84;																			
07Т	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																			
08Р				XX	50	23	0,16	1	1,5/0,45	222	35									
09																				
10																				
11																				
12																				
ОКП																				

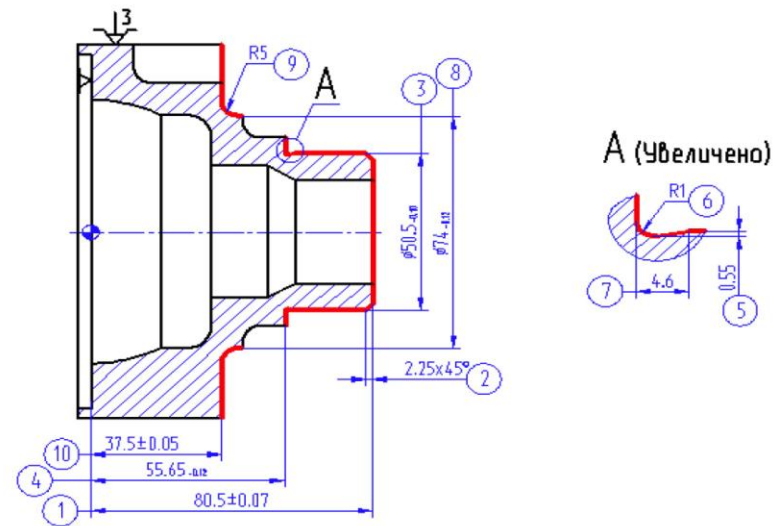
ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

01101.24.205 | 1 | 1

Разраб.	Сотников			ТГУ	XXXX.XXXX 2014.1.00003	Цех Уч. ТРМ	Опер. 015
Проб.	Распорзцеб						
Н.контр.				Полукартер			

√Ra6,3



КЭ

ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

01101.24.205 | 1 | 1

Разраб.	Сотников		
Пров.	Расторгуев		
Н.контр.			

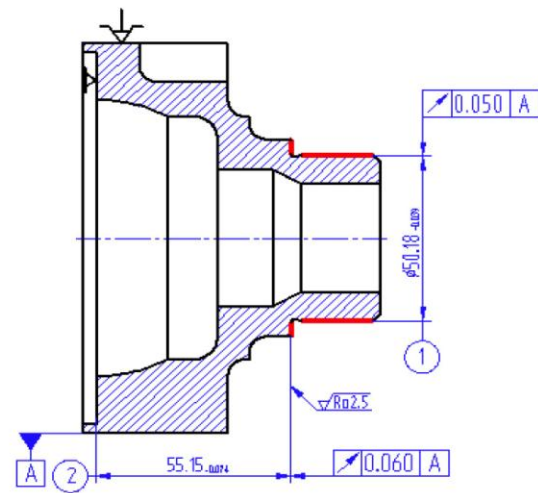
ТГУ

Полукартер

XXXX.XXXX
2014.1.00003

Цех ТУЧ. ТРМ
Опер. 025

√Ra1,25(√)



КЭ

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.580.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	16.07.ТМ.580.60.001	Втулка	1	
		2	16.07.ТМ.580.60.002	Втулка	1	
		3	16.07.ТМ.580.60.003	Демпфер	2	
		4	16.07.ТМ.580.60.004	Корпус патрона	1	
		5	16.07.ТМ.580.60.005	Корпус	1	
		6	16.07.ТМ.580.60.006	Корпус	1	
		7	16.07.ТМ.580.60.007	Крышка	1	
		8	16.07.ТМ.580.60.008	Кулачок	3	
		9	16.07.ТМ.580.60.009	Ось	6	
		10	16.07.ТМ.580.60.010	Ось	3	
		11	16.07.ТМ.580.60.011	Поршень	1	
		12	16.07.ТМ.580.60.012	Подкулачник	3	
		13	16.07.ТМ.580.60.013	Пробка	1	
		14	16.07.ТМ.580.60.014	Пробка	3	
		15	16.07.ТМ.580.60.015	Прокладка	1	
		16	16.07.ТМ.580.60.016	Рычаг	3	
		17	16.07.ТМ.580.60.017	Сухарь	3	
		18	16.07.ТМ.580.60.018	Сухарь	6	
			16.07.ТМ.580.60.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Сотников				Лит.	Лист
Прое.	Расторгуев					Листов
Н. Контр.	Виткалов					1
Уте.	Бобровский					3
Патрон рычажный					ТГУ, гр. ТМбз-1131	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		19	16.07.ТМ.580.60.019	Тяга	1	
		20	16.07.ТМ.580.60.020	Фланец	1	
		21	16.07.ТМ.580.60.021	Шток	1	
		22	16.07.ТМ.580.60.022	Штифт	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
		23		М8х30.88	10	
		24		М10х20.88	3	
		25		М10х30.88	6	
		26		М12х60.88	6	
		27		М16х55.88	1	
		28		Винт М6х20.48		
				ГОСТ 1477-75	3	
		29		Винт М6х15.48		
				ГОСТ 1478-75	3	
		30		Гайка М16.5.		
				ГОСТ 5435-71	1	
		31		Гайка М16х1,5-6Н.5.029		
				ГОСТ 5927-70	2	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		32		018-026-25-2-4	1	
		33		024-030-25-2-4	2	
		34		062-068-30-2-4	3	
		35		074-080-30-2-4	1	
		36		070-080-40-2-4	2	
		37		Кольцо А40 65Г кд 15хр		
				ГОСТ 13941-80	1	
				16.07.ТМ.580.60.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 2	

<i>Форм.</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примеч.</i>						
				<u>Документация</u>								
A1			16.07.ТМ.580.61.000.СБ	Сборочный чертеж								
				<u>Сборочные единицы</u>								
		1	16.07.ТМ.580.61.100	Кожух	2							
				<u>Детали</u>								
		2	16.07.ТМ.580.61.002	Втулка	1							
		3	16.07.ТМ.580.61.003	Губка	2							
		4	16.07.ТМ.580.61.004	Демпфер	2							
		5	16.07.ТМ.580.61.005	Корпус	1							
		6	16.07.ТМ.580.61.006	Кольцо	1							
		7	16.07.ТМ.580.61.007	Крышка	1							
		8	16.07.ТМ.580.61.008	Ось	2							
		9	16.07.ТМ.580.61.009	Поршень	2							
		10	16.07.ТМ.580.61.010	Рейка	1							
		11	16.07.ТМ.580.61.011	Фланец	1							
		12	16.07.ТМ.580.61.012	Шайба	2							
		13	16.07.ТМ.580.61.013	Шток	1							
			16.07.ТМ.580.61.000									
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>								
Разраб.		Сотников			<table border="1"> <tr> <td><i>Лит.</i></td> <td><i>Лист</i></td> <td><i>Листов</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		1	2
<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>										
	1	2										
Прое.		Расторгуев										
Н. Контр.		Виткалов										
Уте.		Бобровский			ТГУ, гр. ТМбз-1131							

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Стандартные изделия</u>		
		14		Винт ГОСТ 11738-72		
				М8х28.88	12	
		15		Винт ГОСТ 12435-80		
				М4х12.58	4	
		16		Гайка М10х1,5-6Н.5.029		
				ГОСТ 5357-75	1	
		17		Гайка М16.5.		
				ГОСТ 5927-70	1	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		18		028-018-46-2	2	
		19		034-024-46-2	2	
		20		080-068-56-2	1	
		21		080-070-46-2	2	
		22		Шайба 16.01.05		
				ГОСТ 13465-77	1	
		23		Шайба 8.65Г.029		
				ГОСТ 6402-70	12	
		24		Шайба 10.65Г		
				ГОСТ 6425-70	1	
		25		Штифт 8х25		
				ГОСТ 9464-79	2	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	16.07.ТМ.580.61.000	
					Лист 2	