

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс сборки и обработки редуктора

Студент(ка)	<u>А.Ю. Лукашенко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

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

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

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Технологический процесс сборки и обработки редуктора. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

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

В работе разработана система автоматического управления процессом резания. Управление по апостериорной информации, которое состоит в коррекции размера (автоподналадка), технически просто реализуется, однако имеет наихудшие характеристики точности.

В бакалаврской работе представлено решение ряда вопросов по проектированию техпроцесса: в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы; в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали; во втором разделе проведена разработка технологического процесса; в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения; в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта; в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии; в итоге представлены основные полученные результаты и выводы.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку, которая состоит из 55 страниц и включает 14 таблиц, 8 рисунков, а также графическую часть работы, которая содержит 7 листов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2. Анализ известных технологических маршрутов и разработка нового технологического маршрута.....	11
2.3 Расчет операционных размеров.....	12
2.4 Проектирование технологических операций.....	14
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	21
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	31
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта....	37
4.6 Заключение по разделу.....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	52

## **ВВЕДЕНИЕ**

Уровень автоматизации производственных процессов на производстве характеризуется и зависит от ряда различных факторов и особенностей, к которым относятся такие, как: уровень развития техники и технологии; средств производства и орудий труда; наличие производственных и трудовых резервов и ресурсов; увеличение эффективности использования оборудования; повышение уровня культуры производства с учетом высвобождения рабочих от вредных работ; сокращение времени подготовки производства при переходе на изготовление новых видов продукции на одном оборудовании.

Задачи автоматизации и механизации применительно к единичному и мелкосерийному многономенклатурному производству в значительной мере усложняются из-за необходимости обеспечения быстрой и точной переналадки оборудования для перехода на выпуск другого типа или вида продукции.

В основе ГПС лежит использование технологического оборудования, ЧПУ, гибких производственных модулей, промышленных роботов и других механизмов, которые способны работать в качестве относительно автономных производственных систем, обладающих определенной степенью гибкости (ГПС). Управление ГПС осуществляется как целым механизмом многоуровневой системой управления, обеспечивающей изменение программы работы подсистем ГПС и тем самым переналадку системы. Каждая ГПС имеет свое автономное управление, возможность перенастраиваться в автоматическом режиме. Такие системы получают все большее распространение.

## 1 Анализ исходных данных

Корпус редуктора служит:

- для правильного взаимного расположения в нём деталей передач;
- для обеспечения смазки передач и подшипников;
- предохранения деталей от загрязнения и восприятия усилий, возникающих при работе.

Корпус редуктора должен быть достаточно прочным и жёстким, так как его деформации могут вызвать перекося осей и валов и вследствие этого неравномерное распределение нагрузки по длине зубьев, что в свою очередь, приводит к повышенному износу и даже поломке зубьев. Зубчатое колесо должно обладать кинематической точностью, плавностью и бесшумностью в работе и не заклиниваться при разогреве. Напрессовка зубчатого колеса осуществляется посредством прессы с применением специального приспособления с направляющими планками или стержнями, в результате чего осуществляется точное центрирование колеса (устраняется перекося зубчатого колеса на посадочной шейке).

Для удобства монтажа деталей корпус редуктора выполнен разъёмным. Плоскость разъёма проходит через оси валов. По всему контуру разъёма корпуса и крышки делают фланцы для размещения крепёжных болтов. Для подъёма и транспортировки корпуса применяются крюки. Для подъёма и транспортировки собранного редуктора применяют проушины, расположенные на крышке редуктора.

Химический состав материала заготовки СЧ20 ГОСТ 1412-79 представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав материала В процентах

С	Si	Mn	P	S
3,30 – 3,50	1,40 – 2,40	0,70 – 1,00	не более 0,20	не более 0,15

Основными узлами, определяющими нормальную работу всего механизма являются зубчатые зацепления цилиндрических передач, для которых важным фактором, определяющим эксплуатационные качества цилиндрической передачи, является зазор « $\Delta A$ » между делительными окружностями зубчатого колеса и шестерни.

Произведём расчет для сборочной цепи.

Таблица 1.2 – Расчёт сборочной размерной цепи

№	Обозначение	Величина, мм	Единица допуска $i$ , мкм	Допуск $a_T \cdot i$ , мкм	$i^2$	Допуск $a_2 \cdot i^2$ , мкм
1	$A_1$	112	2,280	57	5,198	207,92
2	$A_2$	0,085	0,199	4,975	0,040	1,6
3	$A_3$	0	0	0	0	0
4	$A_4$	0,07	0,185	4,625	0,034	1,36
5	$A_5$	0,02	0,122	3,05	0,015	0,6
6	$A_6$	148	2,528	63,2	6,391	255,64
7	$A_7$	0,017	0,116	2,9	0,013	0,52
8	$A_8$	110	2,266	56,65	5,135	205,4
9	$A_9$	0,085	0,199	4,975	0,039	1,56
10	$A_{10}$	0,07	0,185	4,625	0,040	1,6
11	$A_{11}$	72	1,947	48,675	3,791	151,64
12	$A_{12}$	0	0	0	0	0
13	$A_{13}$	0,017	0,116	2,9	0,013	0,52
$\Sigma$			10,143	240,175	20,709	828,36

В таблице 1.2 обозначено:  $A_1$  – радиус делительной окружности зубчатого колеса;  $A_2$  – смещение осей шейки вала и шейки вала под зубчатое

колесо;  $A_3$  – смещение осей делительной окружности шестерни и шейки вала;  $A_4$  – смещение осей отверстия зубчатого колеса и делительной окружности зубчатого колеса;  $A_5$  – смещение осей шейки вала и отверстия в корпусе;  $A_6$  – межосевое расстояние;  $A_7$  – смещение осей шейки вала и отверстия в корпусе;  $A_8$  – радиус делительной окружности червячного колеса;  $A_9$  – смещение осей делительной окружности червячного колеса и шейки вала;  $A_{10}$  – смещение осей отверстия червячного колеса и делительной окружности червячного колеса;  $A_{11}$  – радиус делительной окружности шестерни;  $A_{12}$  – смещение осей делительной окружности шестерни и шейки вала;  $A_{13}$  – смещение осей шейки вала и отверстия в корпусе.

Определим единицу допуска  $i$ , мкм по формуле:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A} + 0,001 \cdot A .$$

$$A_1 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{112} + 0,001 \cdot 112 = 2,280 ;$$

$$A_2 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,085} + 0,001 \cdot 0,085 = 0,199 ;$$

$$A_4 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,07} + 0,001 \cdot 0,07 = 0,185 ;$$

$$A_5 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,02} + 0,001 \cdot 0,02 = 0,122 ;$$

$$A_6 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{148} + 0,001 \cdot 148 = 2,525 ;$$

$$A_7 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,017} + 0,001 \cdot 0,017 = 0,116 ;$$

$$A_8 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{110} + 0,001 \cdot 110 = 2,266 ;$$

$$A_9 : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{112} + 0,001 \cdot 112 = 2,280 ;$$

$$A_{10} : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,07} + 0,001 \cdot 0,07 = 0,185 ;$$

$$A_{11} : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{72} + 0,001 \cdot 72 = 1,947 ;$$

$$A_{13} : i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{0,017} + 0,001 \cdot 0,017 = 0,116 .$$

Отсюда определим число единиц допуска  $a_1$  по формуле:

$$a_1 = \frac{T \cdot \Delta A}{\sum i} = \frac{0,246}{10,143} = 24,3.$$

Определяем ближайшее значение  $a_T = 25$ , что соответствует 8 качеству точности сборки звеньев размерной цепи.

Определим допуски на обработку звеньев цепи по 8 качеству:

$$T \cdot A_i = a_T \cdot i.$$

$$T \cdot A_1 = 25 \cdot 2,28 = 57;$$

$$T \cdot A_2 = 25 \cdot 0,199 = 4,975;$$

$$T \cdot A_3 = 25 \cdot 0 = 0;$$

$$T \cdot A_4 = 25 \cdot 0,185 = 4,625;$$

$$T \cdot A_5 = 25 \cdot 0,122 = 3,05;$$

$$T \cdot A_6 = 25 \cdot 2,528 = 63,2;$$

$$T \cdot A_7 = 25 \cdot 0,116 = 2,9;$$

$$T \cdot A_8 = 25 \cdot 2,266 = 56,65;$$

$$T \cdot A_9 = 25 \cdot 0,199 = 4,975;$$

$$T \cdot A_{10} = 25 \cdot 0,185 = 4,625;$$

$$T \cdot A_{11} = 25 \cdot 1,947 = 48,675;$$

$$T \cdot A_{12} = 25 \cdot 0 = 0;$$

$$T \cdot A_{13} = 25 \cdot 0,116 = 2,9.$$

Их сумма составляет 240,175 мкм, что меньше принятого допуска исходного звена, равного 243 мкм.

Определим допуски звеньев при квадратичном суммировании; для чего определим значение единицы допуска в квадрате составляющих звеньев цепи.



Определим одинаковое число единиц допуска при квадратичном суммировании по формуле:

$$a_2 = \frac{T \cdot \Delta A}{\sqrt{\sum i^2}} = \frac{0,246 \cdot 10^3}{\sqrt{20,709}} = 39,236$$

Видно, что ближайшее значение  $a_T = 40$ , что соответствует 9 качеству точности обработки.

Определим допуски на обработку составляющих звеньев цепи по формуле:

$$T \cdot A_i = a_T \cdot i^2$$

$$T \cdot A_1 = 40 \cdot 5,198 = 207,92 ;$$

$$T \cdot A_2 = 40 \cdot 0,04 = 1,6 ;$$

$$T \cdot A_4 = 40 \cdot 0,034 = 1,36 ;$$

$$T \cdot A_5 = 40 \cdot 0,015 = 0,6 ;$$

$$T \cdot A_6 = 40 \cdot 6,391 = 255,64 ;$$

$$T \cdot A_7 = 40 \cdot 0,013 = 0,52 ;$$

$$T \cdot A_8 = 40 \cdot 5,135 = 205,4 ;$$

$$T \cdot A_9 = 40 \cdot 0,039 = 1,56 ;$$

$$T \cdot A_{10} = 40 \cdot 0,04 = 1,6 ;$$

$$T \cdot A_{11} = 40 \cdot 3,791 = 151,64 ;$$

$$T \cdot A_{13} = 40 \cdot 0,013 = 0,52 .$$

Значения заносим в последнюю колонку таблицы, их сумма равна 828,36, что около трех раз больше допуска исходного звена.

Величина  $\varepsilon$  характеризует влияние расширения допусков составляющих звеньев при обработке на 2 квалитет (при одинаковых допусках составляющих звеньев).

$$\varepsilon = \frac{828,36}{246} = 3,37.$$

При квадратичном суммировании для числа звеньев больше четырех используют вероятностный метод расчета, который рассчитывается по следующей формуле:

$$T \cdot \Delta A = \sqrt{\sum T \cdot A_i^2}$$

$$T \cdot \Delta A = \sqrt{207,92^2 + 1,6^2 + 1,36^2 + 0,6^2 + 255,64^2 + 0,52^2 + 205,4^2 + 1,56^2 + 1,6^2 + 151,64^2 + 0,52^2} = 416,86 \text{ мкм.}$$

Следовательно, в данном случае допуски на механическую обработку составляющих звеньев размерной цепи назначаем по 8 квалитету.

Для достижения цели бакалаврской работы, сформулированной во введении, необходимо решить ряд задач: рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса; выбрать способ получения заготовки и спроектировать саму заготовку; рассмотреть вопросы проектирования специального технического оснащения; провести мероприятия по охране труда; определить экономический эффект от внедрения результатов работы.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Проектирование заготовки

В качестве заготовки для данной детали принимаем литьё в песчаные формы. Определим класс точности размеров – 9Т, ряд припусков – 4, определим допуски и припуски на размеры детали. Допуски и припуски приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Допуски и припуски

В миллиметрах

Размер	Допуск на размер	Припуск	Расчет заготовки	Окончательный размер
Ø73	± 1,8	3,4	Ø73-(3,4*2) ±1,8	Ø66,2±1,8
Ø56	± 1,6	3,4	Ø56-(3,4*2) ±1,6	Ø53,2±1,6
Ø72	± 1,8	3,4	Ø72-(3,4*2)±1,8	Ø65,2±1,8
Ø90	± 1,8	3,4	Ø90-(3,4*2) ±1,8	Ø83,2±1,8
36	± 1,6	3,4	36+(3,4) ±1,6	39,4±1,6
60	± 1,6	3,4	60+(3,4) ±1,6	63,4±1,6
23	± 1,2	3	23+(3) ±1,2	26±1,2
325	± 2,4	4,2	325+(4,2*2) ±2,4	333,4±2,4
292	± 2,4	4,2	292+(4,2) ±2,4	296,2±2,4
42	±1,6	3,4	42+(3,4) ±3,2	45,4±1,6

Уклоны и радиусы закруглений на отливку назначаем по ГОСТ 26645-85, заготовка представлена на чертеже.

### 2.2. Анализ известных технологических маршрутов и разработка нового технологического маршрута

Таблица 2.2 – Порядок обработки поверхностей

№ оп	Наименование операции	№ обрабатываемых поверхностей	ТТ	Ra, мкм
000	Заготовительная (отливка)			80
005	ТО			
010	Агрегатная фрезерная	1,2,3	9	3,2
015	Агрегатная фрезерная черновая	8,42,43,44	15	12,5
020	Агрегатная расточная черновая	4,5,6,7	15	12,5
025	Агрегатная фрезерная получистовая	8,42,43,45	14	6,3
030	Агрегатная расточная получистовая	4,5,6,7	14	6,3
035	Агрегатная фрезерная	40	14	6,3
040	Агрегатная фрезерная	9	14	6,3
045	Агрегатная сверлильная	13,28	7	2,5
050	Агрегатная	14,16,17,18,20,21,23,24,25,27	14	6,3
055	Агрегатная сверлильная	15,19,22,26	15	12,5
060	Агрегатная	29,30,31,32,33,34,41	14	6,3
065	Агрегатная	35,36,37,38,39	14	6,3
070	Плоское шлифование	8	7	2,5
075	Тонкое растачивание	4,5,6,7	6	1,25

### 2.3 Расчет операционных размеров.

Расчет припуска аналитическим путем проводим для наиболее точной поверхности:  $\varnothing 90H7\left(+0,035\right)$ , согласно методическому указанию, по формулам:

$$\Delta = 0,3IT, \quad (2.1)$$

$$Z_{\min i} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_i, \quad (2.2)$$

$$Z_{\max i} = Z_{\min i} + 0,5(Td_i + Td_{i-1}), \quad (2.3)$$

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2Z_{\min i}, \quad (2.4)$$

$$d_{\max i} = d_{\min i} + Td_i. \quad (2.5)$$

Расчет припусков на обработку: определяем минимальный припуск для каждого перехода по формуле (2.2):

$$Z_{\min 3} = Rz_2 + h_2 + \Delta_2 = 0,2 + 0,3 + 0,9 = 1,4;$$

$$Z_{\min 4} = Rz_3 + h_3 + \Delta_3 = 0,05 + 0,05 + 0,5 = 0,65;$$

$$Z_{\min 5} = Rz_4 + h_4 + \Delta_4 = 0,02 + 0,02 + 0,5 = 0,54.$$

Определяем максимальный припуск для каждого перехода по формуле (2.3):

$$Z_{\max 3} = Z_{\min 3} + 0,5(Td_2 + Td_1) = 1,4 + 0,5(2,5 + 1,6) = 3,45;$$

$$Z_{\max 4} = Z_{\min 4} + 0,5(Td_4 + Td_3) = 0,65 + 0,5(0,1 + 1,0) = 1,2;$$

$$Z_{\max 5} = Z_{\min 5} + 0,5(Td_5 + Td_4) = 0,54 + 0,5(0,04 + 0,1) = 0,61.$$

Определяем минимальный диаметральный размер для каждого перехода по формуле (2.4).

Расчет начинаем с последнего для данной поверхности перехода:

$$d_{\min 5} = 90,035$$

$$d_{\min 4} = d_{\min 5} - 2Z_{\min 5} = 90,035 - 2 \cdot 0,54 = 88,955 ;$$

$$d_{\min 3} = d_{\min 4} - 2Z_{\min 4} = 88,955 - 2 \cdot 0,65 = 87,655 ;$$

$$d_{\min 1} = d_{\min 3} - 2Z_{\min 3} = 87,655 - 2 \cdot 1,4 = 84,855 .$$

Определяем максимальный диаметральный размер для каждого перехода по формуле (2.5):

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} + Td_1 = 84,855 + 1,6 = 86,455 ;$$

$$d_{\max 3} = d_{\min 3} + Td_3 = 87,655 + 1,0 = 88,7655 ;$$

$$d_{\max 4} = d_{\min 4} + Td_4 = 88,955 + 0,1 = 89,055 ;$$

$$d_{\max 5} = d_{\min 5} + Td_5 = 90,035 + 0,035 = 90,07 .$$

Сведем полученные данные в таблицу 2.3

Таблица 2.3 – Операционные размеры

В миллиметрах

№	Наименование перехода	IT	Td	Составляющие припуска			Припуск		Операционный размер	
				h	Rz	$\Delta$	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>
1	Литье	15	0,35	0,3	0,2	0,9	-	-	90,035	90,07
2	ТО	16	2,5	0,32	0,27	0,8	-	-	-	-
3	Фрезерование черновое	14	0,1	0,05	0,05	0,5	1,4	3,45	88,955	89,055
4	Фрезерование получистовое	9	1,1	0,02	0,02	0,5	0,65	1,2	87,655	88,7655
5	Фрезерование чистовое	7	1,6	0,1	0,1	0,5	0,54	0,62	84,855	86,455

## 2.4 Проектирование технологических операций

При многоинструментальной обработке период стойкости следует увеличивать.

Это зависит, прежде всего, от числа одновременно работающих инструментов, отношения времени резания к времени рабочего хода, материал инструмента и вида оборудования. Все данные об инструментах используемых на операции сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Средства технологического оснащения

№ операции	Название	№ позиции	Вид обработки по переходам	Режущий инструмент	Режущая часть	Мерительный инструмент
1	2	3	4	5	6	7
010	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	-
		2	Фрезеровать последовательно: поверхности 1,2,3	Фреза торцевая Ø 150	ВК6	Штангенглубомер 0...200
015	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить			
		2	Фрезеровать последовательно: поверхности 8,41,42,44	Фреза торцевая Ø 150	ВК6	Штангенглубомер 0...200
020	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	1.Точить последовательно: поверхности 4,5,6,7	Резец расточной $\varphi = 95^\circ$	ВК6	Штангенглубомер 0...200
025	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	1.Фрезеровать последовательно: поверхности 8,41,42,44	Фреза торцевая Ø 150	ВК6	Штангенглубомер 0...200
030	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	1.Точить последовательно:	Резец расточной	ВК6	Штангенглубомер

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7
			поверхности 4,5,6,7	$\varphi = 95^\circ$		0...200
035	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	1.Точить последовательно: поверхность 40	Резец расточной $\varphi = 95^\circ$	ВК6	Штангенглу бометр 0...200
040	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	1.Фрезеровать последовательно: поверхность 9	Фреза торцевая $\varnothing 150$	ВК6	Штангенглу бометр 0...200
045	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	Сверлить параллельно: отверстия 13,28	Сверло $\varnothing 7,5$	P6M5	Калибры, пробки
		3	Зенкеровать	Зенкер $\varnothing 7,9$	P6M5	Калибры, пробки
		4	Развертывать	Развертка $\varnothing 8$	P6M5	Калибры, пробки
050	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	Сверлить параллельно: отверстия 1814,16,17,18,20,21,23,24, 25,27	Сверло $\varnothing 8,5$ Сверло $\varnothing 10$	P6M5	Калибры, пробки
		3	Нарезать резьбу: поверхность 14,16,17,18,20,21,23, 24,25,27	Метчик ГОСТ 3266-81, $\varnothing 10$ $\varnothing 12$		Штангенглу бометр 0...200
055	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	Сверлить параллельно:	Сверло $\varnothing 18$	P6M5	Калибры,



Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7
			отверстия 15,19,22,26			пробки
060	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	Сверлить параллельно: отверстия 29,30,31,32,33,34,41	Сверло Ø 8,5	P6M5	Калибры, пробки
		3	Нарезать резьбу: поверхность 29,30,31,32,33,34,41	Метчик ГОСТ 3266-81, Ø 10		Штангенглу бометр 0...200
065	Агрегатная	1	Загрузить-разгрузить	-	-	
		2	Сверлить параллельно: отверстия 35,36,37,38,39	Сверло Ø 8,5 Ø 22,5	P6M5	Калибры, пробки
		3	Нарезать резьбу: поверхность 35,36,37,38,39	Метчик ГОСТ 3266-81, Ø 10 Ø 24		Штангенглу бометр 0...200
070	Плоское шлифовани е	1	Шлифовать поверхность 8	Шлифовальны й круг		
075	Тонкое растачиван ие	1	1.Точить последовательно: поверхности 4,5,6,7	Резец расточной $\varphi = 95^\circ$	ВК6	Штангенглу бометр 0...200

При массовом производстве принудительная замена инструмента производится в начале смены или в обеденный перерыв.

Рассчитаем величину скорости  $v$  по эмпирической формуле для фрезерной операции:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \cdot \quad (2.6)$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания рассчитывается по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} . \quad (2.7)$$

$$K_{MV} = K_T \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1,0 \left( \frac{750}{150} \right)^{1,0} = 5 ,$$

где  $\sigma_B = 150 \text{ МПа}$  ;  $K_{IV} = 0,6$  ;  $K_{HV} = 0,5$  ;  $K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{HV} = 5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 1,5$ .

Рассчитываем скорость:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{72 \cdot 150^{0,2}}{150^{0,15} \cdot 1,5^{0,5} \cdot 0,2_z^{0,4} \cdot 40^{0,1} \cdot 80^{0,1}} \cdot 1,5 = \frac{72 \cdot 2,72 \cdot 1,5}{2,12 \cdot 1,22 \cdot 0,53 \cdot 1,45 \cdot 1,55} =$$

$$= \frac{293,76}{3,08} = 95,38 \approx 95,4 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем обороты инструмента по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} . \quad (2.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 95,4}{3,14 \cdot 150} = \frac{95400}{471} = 202,55 \approx 203 \text{ об/мин.}$$

Рассчитываем минутную подачу по формуле:

$$s_M = s \cdot n . \quad (2.9)$$

$$s_M = s \cdot n = 0,2 \cdot 203 = 40,6 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем величину скорости  $v$  для расточной операции по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K^v. \quad (2.10)$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV} \cdot K_{TV} \cdot K_{TC} \cdot K_\varphi \cdot K_r,$$

$$\text{где } K_{MV} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left( \frac{750}{150} \right)^{1,0} = 5; \quad K_{NV} = 0,6; \quad K_{UV} = 0,5; \quad K_{TV} = 3; \quad K_{TC} = 0,9$$

$$; \quad K_\varphi = 1; \quad K_r = 0,7;$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV} \cdot K_{TV} \cdot K_{TC} \cdot K_\varphi \cdot K_r = 5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 = 2,84.$$

Рассчитываем скорость:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K^v = \frac{324}{120^{0,28} \cdot 2^{0,2} \cdot 0,5^{0,40}} \cdot 2,84 = \frac{920,16}{3,82 \cdot 1,14 \cdot 0,76} = 278 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем обороты инструмента по формуле (2.8):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 278}{3,14 \cdot 130} = \frac{278000}{408,2} = 681,04 \approx 681 \text{ об/мин.}$$

Рассчитываем минутную подачу по формуле (2.9):

$$s_M = s \cdot n = 0,5 \cdot 681 = 341 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем величину скорости  $v$  для сверлильной операции для обработки сверлом  $\varnothing 12$  по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K^v. \quad (2.11)$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания рассчитывается по формуле:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV}, \quad (2.12)$$

$$\text{где } K_{MV} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left( \frac{750}{150} \right)^{1,0} = 5; \quad K_{NV} = 0,7; \quad K_{IV} = 1;$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} = 5 \cdot 0,7 \cdot 1 = 3,5$$

Рассчитываем скорость:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K^v = \frac{14,7 \cdot 28^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,55^{0,55}} \cdot 3,5 = \frac{14,7 \cdot 2,3}{1,67 \cdot 0,72} \cdot 3,5 = \frac{118,3}{1,2} = 98,58 \approx 98,6 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем обороты инструмента по формуле (2.8):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 98,6}{3,14 \cdot 28} = \frac{98600}{87,9} = 1121,7 \approx 1122 \text{ об/мин.}$$

Рассчитываем минутную подачу по формуле (2.9):

$$s_M = s \cdot n = 0,55 \cdot 1122 = 617,1 \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем величину скорости  $v$  для сверлильной операции для обработки сверлом  $\varnothing 18$  мм.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания рассчитывается по формуле (2.12):

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left( \frac{750}{150} \right)^{1,0} = 5; K_{HV} = 0,7; K_{IV} = 1;$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 5 \cdot 0,7 \cdot 1 = 3,5$$

Рассчитываем скорость:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K^v = \frac{14,7 \cdot 16^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,36^{0,55}} \cdot 3,5 = \frac{14,7 \cdot 2}{1,56 \cdot 0,57} \cdot 3,5 = \frac{102,9}{0,88} = 116,93 \approx 117 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем обороты инструмента по формуле (2.8):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 117}{3,14 \cdot 16} = \frac{117000}{50,24} = 2328,82 \approx 2329 \text{ об/мин.}$$

Рассчитываем минутную подачу по формуле (2.9):

$$s_M = s \cdot n = 0,36 \cdot 2329 = 838,44 \approx 838,4 \text{ мм/мин.}$$

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

Управление фрезерной 2,5-D обработкой на станках с ЧПУ можно осуществлять с помощью разработанного модуля для САМ-системы, который выполняет коррекцию траектории на последнем проходе и проектирует закон управления подачей по эквидистанте по методу априорной информации в соответствии с обобщенной схемой.

Так же, как и для модуля управления САМ-системы токарной обработки, здесь предусмотрен блок введения информации о контуре детали и заготовки, которые задаются в графическом режиме, аналогично другим распространенным графическим редакторам. Контур детали и заготовки состоит из элементарных геометрических образов, приведенных в меню. Поэтому, для проектирования исходных контуров желательно составить рабочий эскиз детали и заготовки в системе координат  $Y0X$ , на котором выделить участки, соответствующие предложенным в меню (рисунок 3.1). Участки на эскизе отмечаются точками с координатами  $[x, y]$ , а на поле интерфейса программы эти участки изображаются в соответствии с указаниями в правом верхнем углу: при внутренней обработке – по часовой стрелке, при внешней – против часовой стрелки. В том же порядке эти участки изображаются на поле интерфейса программы. Для изображения участка в виде отрезка прямой необходимы координаты начала и конца участка, а для дуги окружности - еще и радиус. Участки в виде замкнутого прямоугольника задаются координатами верхнего и нижнего углов, для окружности - координаты центра и радиус. Наличие этих участков исключает все другие участки из состава контура.

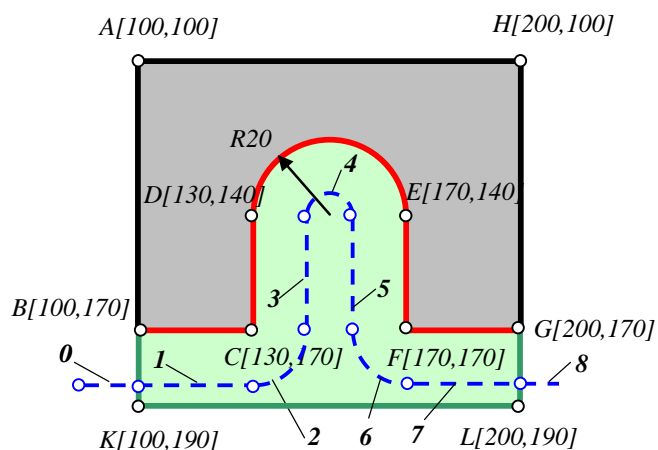


Рисунок 3.1 – Контуры детали, заготовки и эквидистанта

В соответствии с формой контуров, которые обрабатываются, предлагаются четыре разных алгоритма расчета количества проходов и формирования траекторий центра фрезы. При этом для всех алгоритмов приняты следующие общие правила:

- врезание инструмента на черновых проходах выполняется под углом 45 градусов к контуру;
- врезание и отвод инструмента на чистовом проходе выполняется по касательным к контуру дугам окружностей;
- заключительный чистовой проход выполняется по эквидистанте к контуру, который обрабатывается.

Для обработки деталей, внутренний контур которых описан окружностью, принята известная схема движения инструмента по двухполюсной спирали (рисунок 3.2, а). Первый проход выполняется по дуге окружности 1-2 с центром в точке  $O_1$ , а второй проход - по дуге 2-3 с центром в точке  $O$ , третий проход - по дуге 3-4 снова с центром в точке  $O_1$  и т.д. Четвертый, заключительный, проход выполняется по эквидистанте и отвод - по дуге окружности 6-7, касательной к эквидистанте в точке 6. Таким образом, движение инструмента осуществляется по сопряженным дугам окружностей, центры которых поочередно находятся в полюсах  $O$  и  $O_1$ . Согласно рекомендациям [8] шаг спирали следует выбирать в диапазоне

$(0,6...0,8) D_\phi$ . Поскольку последний проход должен обеспечить выход центра фрезы на эквидистанту, количество проходов можно рассчитать по формуле:

$$N = \lceil (R_d - 0,9D_\phi) / 0,4D_\phi \rceil, \quad (3.1)$$

где  $R_d$  - радиус детали,  $D_\phi$  - диаметр фрезы. Найденное значение округляют до ближайшего большего нечетного числа. После этого окончательно рассчитывают шаг спирали:

$$h_c = \lceil (R_d - D_\phi / 2) / (N + 1) \rceil. \quad (3.2)$$

В основу алгоритма определения количества проходов при обработке открытых разомкнутых контуров положен метод, который позволяет успешно рассчитывать необходимое количество проходов и проектировать траектории движения даже при наличии полуоткрытых участков (так называемых “карманов”) в контуре детали (рисунок 3.2, б).

Метод состоит в последовательном расчете и проверке всех траекторий движения центра фрезы при ее эквидистантном отдалении от обрабатываемого контура в соответствии с заданной глубиной резания на чистовом и черновых проходах. При этом учитывается также возможное изменение диаметра инструмента для заключительного чистового прохода. Проверка проводится по признаку принадлежности каждой точки  $P$  траектории движения центра инструмента к области  $A$ , ограниченной контуром заготовки. Если  $P_i \in A$  при  $1 \leq i \leq n$ , то выполняется переход на следующую траекторию. Расчет заканчивается, когда траектория, которая проверяется, не имеет общих точек с областью  $A$ .

Общее количество таких циклов вычислений и определяет необходимое количество проходов. Каждая траектория при движении инструмента на любом проходе состоит из трех участков: врезание, проход

по эквидистанте и выход. Расчет опорных точек врезания и выхода выполняется по формулам, известным из технологии машиностроения.

Если обрабатываемый контур является замкнутым, внешним и не имеет карманов (рисунок 3.2, в), количество проходов рассчитывается более просто:

$$N = \left\lceil \frac{H_{\max} - H_2}{H_1} \right\rceil, \quad (3.3)$$

где  $H_{\max}$  - максимальная толщина припуска по всему контуру;  $H_1, H_2$  - заданная глубина резания на черновых и чистовом проходах соответственно.

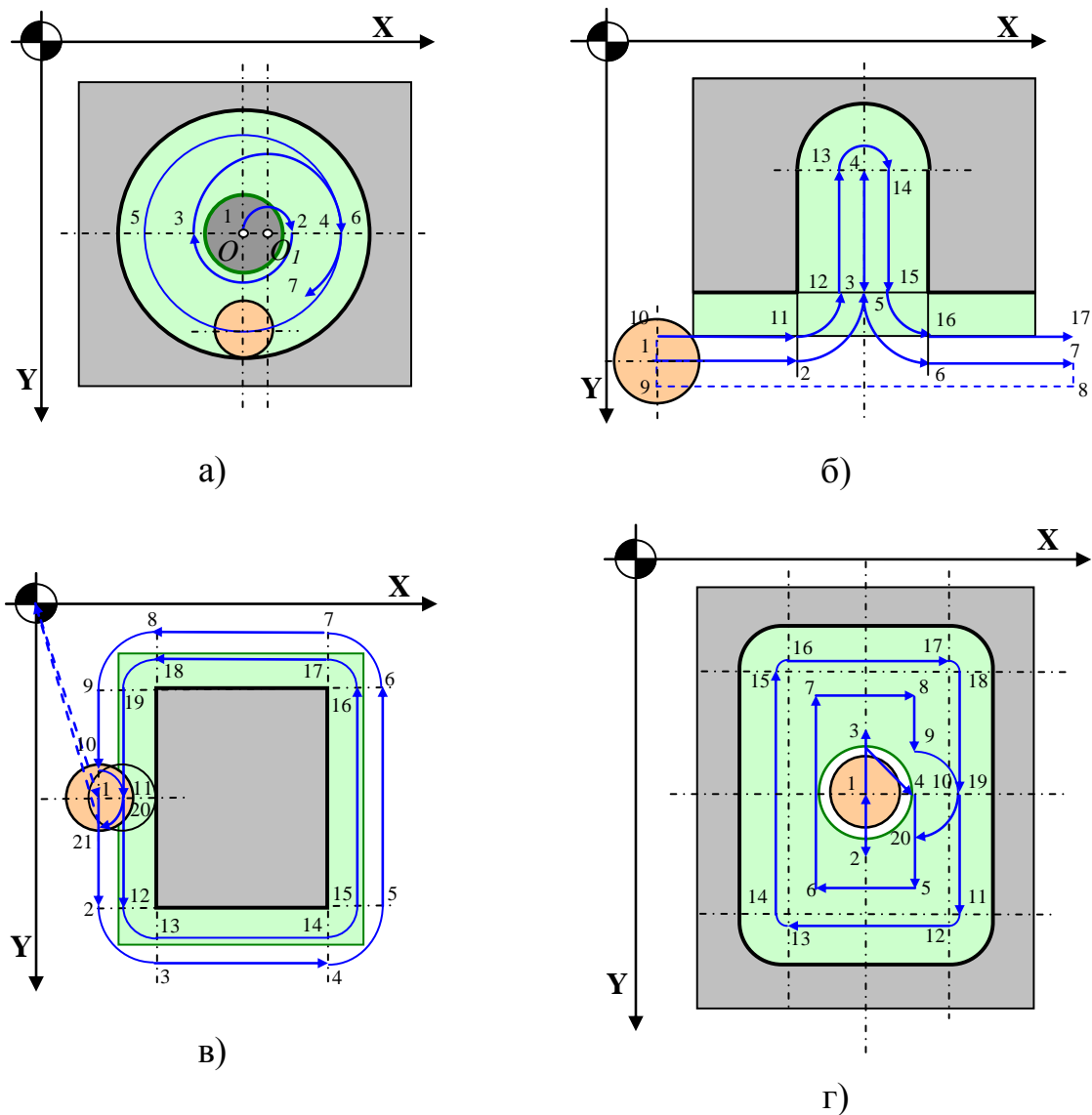


Рисунок 3.2 – Типовые схемы обработки контуров деталей



Алгоритм расчета количества проходов при обработке замкнутых внутренних контуров (рисунок 3.2, г) состоит в последовательном расчете эквидистант к контуру детали с увеличением расстояния за каждый цикл на заданную глубину резания. Каждый цикл прибавляет единицу к количеству проходов, а расчет длится до тех пор, пока траектория содержит хотя бы одну точку. Следует отметить, что для всех схем обработки предусмотрена возможность изменения геометрических параметров инструмента для чистового прохода. Геометрические размеры инструментов, в частности диаметр, проверяются на возможность формообразования контура детали и при наличии коллизий, соответствующее сообщение выводится на экран монитора. Радиус фрезы  $R_\phi$  на окончательном проходе должен быть меньше или равен минимальному радиусу кривизны  $R_{kmin}$  вогнутого участка (обычно  $R_\phi = 0.8R_{kmin}$ ). Для черновых проходов можно выбирать радиус  $R_\phi$ , который превышает приведенное выше условие. Тем не менее, следует иметь в виду, что для обеспечения эквидистантного припуска на чистовом проходе необходимо:

$$R_\phi \leq R_{kmin} - H_2. \quad (3.4)$$

Превышения неравенства (3.4) вызовет увеличения припуска на чистовом проходе на участках с минимальным радиусом кривизны:

$$H_{max} = R_\phi \left( -\cos\alpha \right) + H_2 - R_k \left( -\cos\alpha \right) \cos\alpha,$$

где  $\alpha$  - центральный угол контура, описанного дугой радиусом  $R_k$ .

В результате моделирования процесса обработки контура модуль управления формирует массивы, которые описывают фактически обработанный контур, теоретическую и скорректированную траектории центра инструмента. Формирование этих массивов выполняется с учетом

упругих деформаций ТОС, адекватно реальному процессу и потому здесь важное значение имеет решение следующих задач:

- выявление места подрезания контура и обработка результатов с целью определения фактически обработанного контура;
- введение и учет влияния погрешности обработки, обусловленной неконтролируемыми зазорами в поводах подач станка;
- проектирование закона управления подачей по эквидистанте на последнем проходе с целью стабилизации условий обработки на всех участках контура.

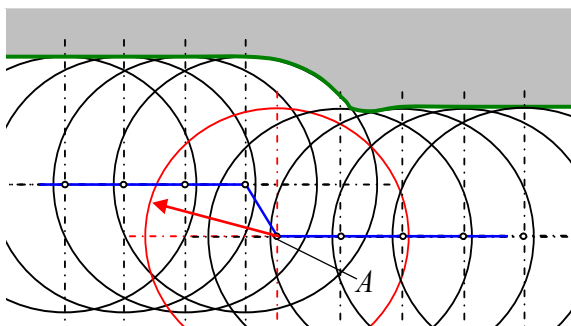


Рисунок 3.3 – Схема подрезания контура

При движении центра инструмента по траектории, радиус кривизны вогнутых участков которой меньше радиуса инструмента, возникает явление подрезания контура (рисунок 3.3). Это означает, что инструмент, двигаясь по некоторым участкам траектории (точка *A*), формирует участки контура детали, которые будут устранены при дальнейшем его перемещении.

Изменения траектории центра инструмента, которые провоцируют подрезание, чаще всего возникают как реакция упругой ТОС в виде колебаний на резкие изменения условий обработки и силы резания.

Алгоритм, который выполняет процедуру контроля таких участков и формирования контура детали, автоматически определяет номера данных массива траектории движения инструмента, радиус кривизны которых меньше, чем радиус фрезы и исключает из массива координат текущего

контура заготовки значения, соответствующие этим положениям инструмента.

В условиях знакопеременных нагрузок, которые всегда имеют место при обработке замкнутых контуров, наличие неконтролируемых зазоров (например, в ШВП) оказывает существенное влияние на точность обработки. На рисунке 3.4 представлена схема образования погрешности обработки при неконтролируемых зазорах поводов подач по координатным осям. Условно принято, что движение подачи по каждой управляемой координате сообщается ведущим элементом 1 соответствующего привода, а ведомым элементом 2 является стол станка с деталью.

На схеме показаны четыре разных положения, соответствующие перераспределению зазоров  $\Delta l_x$  и  $\Delta l_y$  приводов в случае, когда вектор силы резания за время обработки контура совершает полный оборот в системе координат станка. Положение ведомого и ведущего элементов всегда отличается на величину зазора:

позиция а):  $x_\phi = x_m - \Delta l_x$ ;  $P_x < 0$ ;  $y_\phi = y_m + \Delta l_y$ ;  $P_y > 0$ ;

позиция б):  $x_\phi = x_m - \Delta l_x$ ;  $P_x < 0$ ;  $y_\phi = y_m - \Delta l_y$ ;  $P_y < 0$ ;

позиция в):  $x_\phi = x_m + \Delta l_x$ ;  $P_x > 0$ ;  $y_\phi = y_m - \Delta l_y$ ;  $P_y < 0$ ;

позиция г):  $x_\phi = x_m + \Delta l_x$ ;  $P_x > 0$ ;  $y_\phi = y_m + \Delta l_y$ ;  $P_y > 0$ .

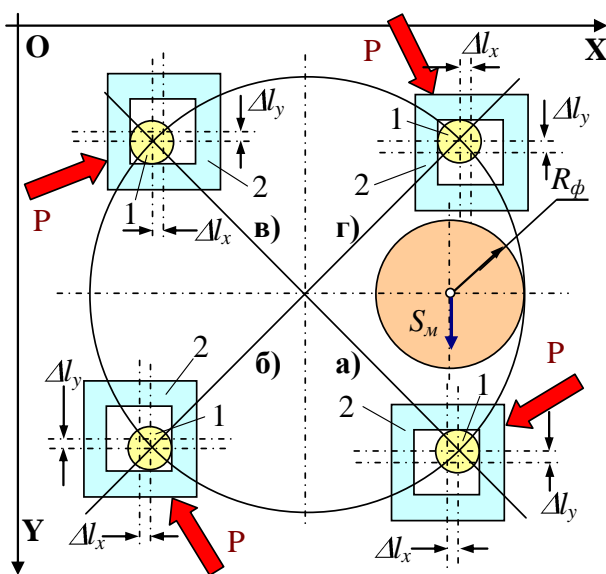


Рисунок 3.4 – Схема влияния неконтролируемых зазоров

Процедура, которая моделирует данное явление, реализует нелинейность передаточными функциями типа “люфт” и учитывает силу трения в реальной схеме действующих сил. Переключения выполняются в тот момент, когда составляющая результирующей силы по каждой координате изменяет знак. Таким образом, математическая модель, которая наиболее полно отвечает процессам, происходящим в системе при фрезеровании контуров, имеет вид:

$$\begin{aligned}x_{\phi} &= x_m + \Delta l_x \text{Sign}(P_x - F_{mp}), \\y_{\phi} &= y_m + \Delta l_y \text{Sign}(P_y - F_{mp}).\end{aligned}\tag{3.5}$$

Величина неконтролируемых зазоров по управляемым координатам, а также значение силы  $F_{mp}$  трения в направляющих станка задаются вначале моделирования, а знак силы трения определяется в алгоритме автоматически, по направлению вектора минутной подачи  $S_m$ . Учитывая возможность возникновения колебаний в реальной упругой ТОС при наличии зазоров в приводах, скорректированная траектория движения инструмента может содержать участки, аналогичные участкам колебательного движения. Поскольку практическая реализация таких скорректированных траекторий осложнена, а величина силы трения точно не известна, выигрыш в точности при этом весьма сомнителен и эти результаты используются в основном для анализа точности обработки, а в САМ-системе должны обрабатываться специальной процедурой сглаживания и не отражаться в скорректированной программе.

Для демонстрации возможностей модуля управления САМ-системы фрезерной 2,5-D обработки выбраны наиболее характерные контуры и технологические схемы фрезерования.

На рисунке 3.5 представлен интерфейс задания параметров процесса резания и ТОС при моделировании фрезерования внутренней цилиндрической поверхности. В связи с принятой схемой обработки глубина

резания не задается, а определяется в зависимости от шага спирали, которая автоматически назначается программой расчетом по зависимости (3.2). Ясно, что на разных участках траектории глубина резания изменяется от максимальной, которая может достигать диаметра фрезы, до нуля на последнем проходе по эквидистанте. Поскольку при обработке такого контура вектор силы резания совершает полный оборот, этот случай является идеальным для исследования влияния неконтролируемых зазоров на формообразование.

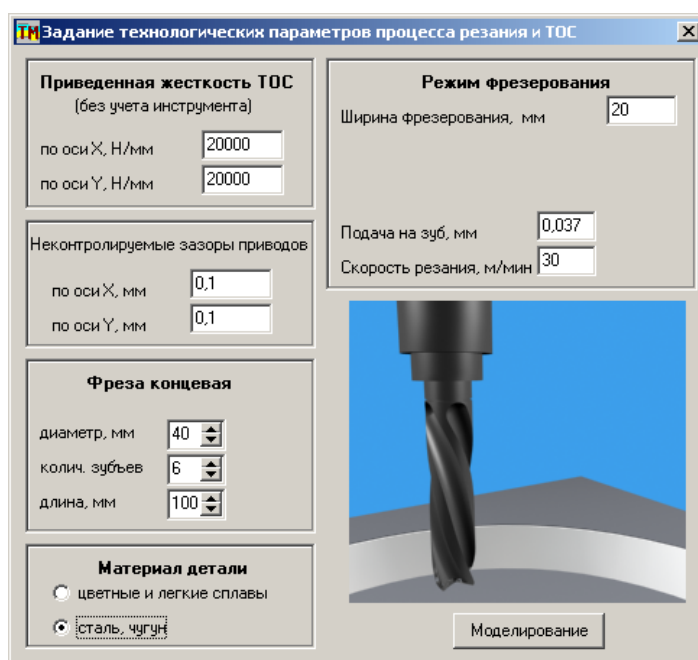


Рисунок 3.5 – Исходные данные для фрезерования внутреннего цилиндра

На рисунке 3.6 показано состояние интерфейса модуля управления после завершения моделирования процесса фрезерования обработки внутренней цилиндрической поверхности 140 мм из заготовки 42 мм. Фреза 1 занимает исходное положение после выполнения движений по траекториям 2 в соответствии с принятой схемой двухполюсной спирали с отводом фрезы по касательной к контуру 3 детали в конце обработки. Движение на последнем проходе выполнялся по эквидистанте к контуру, то есть по окружности.



Рисунок 3.6 – Окончание моделирования фрезерования внутреннего цилиндра

Разработанный модуль позволяет представлять результаты моделирования в графическом виде. Продуктом работы модуля являются массивы данных дискретной геометрической модели скорректированной траектории центра фрезы (линия 1), а также траектории фактического движения (линия 2), теоретической эквидистанты (линия 3), фактически обработанного (линия 4) и теоретического (линия 5) контуров детали.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности и экологичности проводится с использованием методики и данных учебно-методического пособия [25].

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

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Технологический процесс сборки и обработки редуктора	Агрегатная операция	Оператор станков с программным управлением	Агрегатный станок, патрон, фреза торцевая, ВК6	СЧ20 ГОСТ 1412-79, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 содержит результаты проведения идентификации профессиональных рисков.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Агрегатная операция	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент



### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 4.3.

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

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на	Резиновые виброгасящие коврики

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
уровнем общей вибрации	виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	
Опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или вкладышей
Опасные и вредные производственные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Пенные огнетушители, ящики с песком, пожарные багры, ломы	Автомобильные, пожарные, мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента	Извещатели речевые и световые автоматические

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

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс сборки и обработки редуктора	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негорючем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс сборки и обработки редуктора	Агрегатный станок	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы технических жидкостей

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

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

#### 4.6 Заключение по разделу

В разделе приведена характеристика рассматриваемого технического объекта: технологического процесса сборки и обработки редуктора. Рассматривается агрегатная операция. На данной операции используется оператор станков с программным управлением. Работает на агрегатном станке. В качестве приспособления используется патрон и соответствующий инструмент фреза торцевая ВК6; при этом применяются технологические и расходные вещества и материалы СЧ20 ГОСТ 1412-79, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь (таблица 4.1).

Проведена идентификация профессиональных рисков, где на рассматриваемой технологической операции выявлены опасные и вредные факторы. Это острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, вызванные высокой температурой, которая может вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризуемые повышенным уровнем шума; опасные и вредные производственные факторы, электрического тока; динамические нагрузки, вызванные монотонностью. В качестве источников выявлены обрабатываемая заготовка, металлорежущий станок, смазочно-охлаждающая жидкость, станочное приспособление, режущий инструмент (таблица 4.2).

Для устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных факторов предлагаются соответствующие методы и средства. Такие, как инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации, изоляция звукопоглощающими материалами, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей, а также соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов (таблица 4.3).

Проведена идентификация классов и опасных факторов пожара для участка, где проводится механическая обработка редуктора (таблица 4.4). Произведен выбор средств пожаротушения (таблица 4.5) и предложены организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта технологического процесса сборки и обработки редуктора (таблица 4.6).



В разделе идентифицированы негативные экологические факторы технического объекта технологического процесса сборки и обработки редуктора (таблица 4.7). Предложены организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду: атмосферу – оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами, гидросферу – применение многоступенчатой системы очистки сточных вод и литосферу – разделение жидких и твердых отходов, а также утилизация отходов на специальных полигонах (таблица 4.8).

В разделе выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе сборки и обработки редуктора, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Рассмотрев опасные вредные производственные факторы производственного объекта, воздействие этого объекта на окружающую среду, возможные чрезвычайные и аварийные ситуации на его территории и предложив меры по их устранению, можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс удовлетворяет необходимым нормам и не наносит сильного вреда человеку и окружающей среде. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению редуктора и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по обеспечению экологической безопасности технического объекта – технологический процесс сборки и обработки редуктора.

## 5 Экономическая эффективность работы

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

На агрегатно-сверлильной операции 055 применяется:

- агрегатный станок;
- самоцентрирующий 3-хулачковый патрон ГОСТ 2675-80;
- сверло спиральное, диаметром 5 мм из быстрорежущей стали Р6М5 с цилиндрическим хвостовиком.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 3,9 мин., а штучное – 4,2 мин. Используя методику определения необходимого оборудования и его коэффициента загрузки [26] было определено, что снижение трудоемкости выполнения операции 055, позволит высвободить одну единицу оборудования и для производства 500000 шт. редукторов на операции 055 Агрегатно-сверлильной теперь необходимо всего 8 станков.

Используя методику определения капитальных вложений [26] была определена сумма инвестиций, которая составила 1661918,8 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [26], была определена величина данного показателя по сравниваемым операциям. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

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

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 055 представлены на рисунке 5.1.

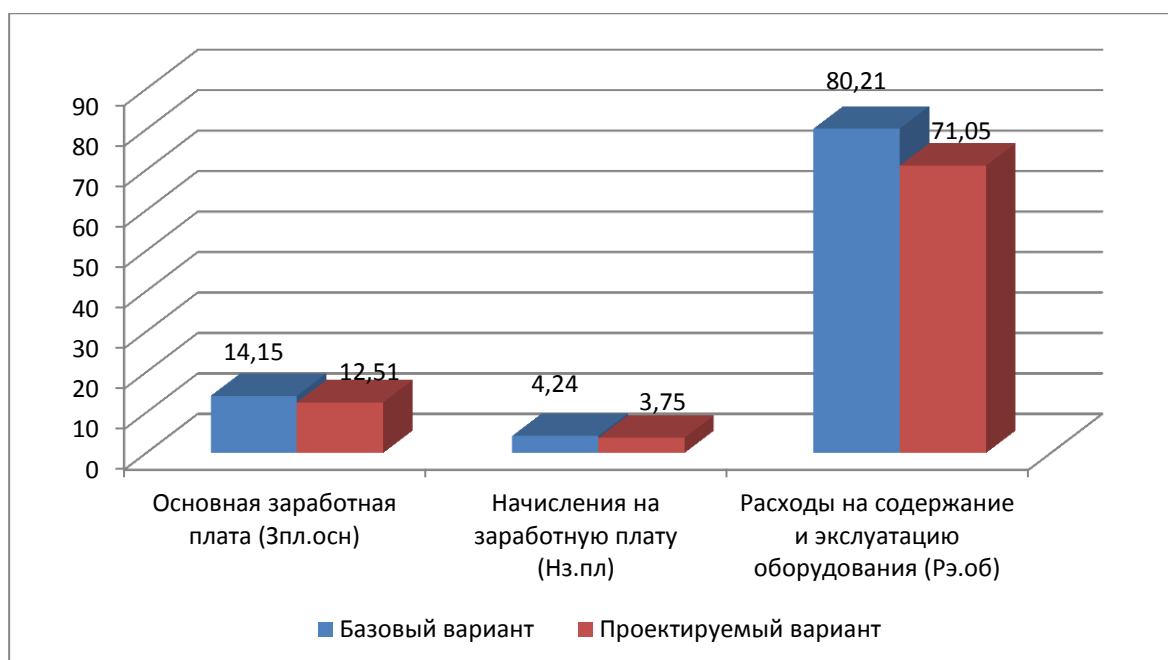


Рисунок 5.1 – Параметры, входящие в технологическую себестоимость детали «Редуктор», по сравниваемым операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 11,44% и в проектируемом варианте операции 055 технологического процесса сборки и обработки редуктора составит 87,32 руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [26] была определена полная себестоимость выполнения операции 055 Агрегатно-сверлильной, которая представлена на рисунке 5.2.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 150,56 руб., а в проектном – 133,26 руб. Изменения по данному параметру составит 11,5%.

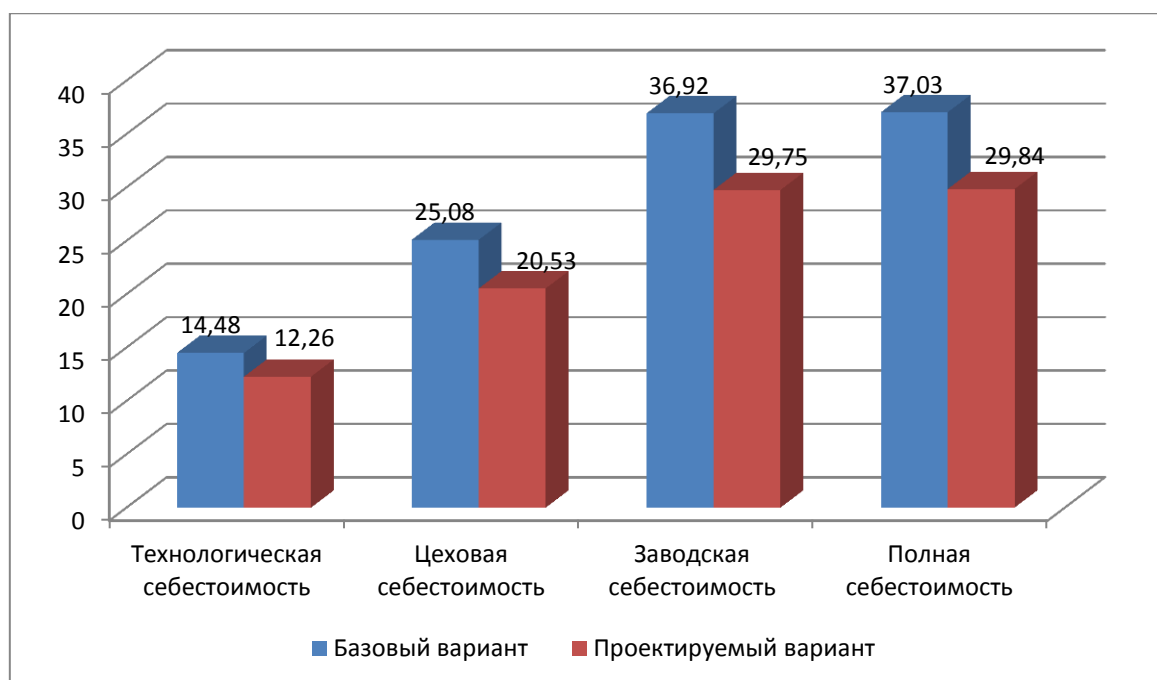


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 055, руб.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 6920000 руб., что окупит предполагаемые инвестиции (1661918,8 руб.) в течение 1-го года. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 199561,2 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0, то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [26]. Его величина составила 1,12 рублей на каждый вложенный рубль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы представлено решение ряда вопросов по проектированию технологического процесса: выполнены все необходимые исследования, результаты которых были получены в соответствующих разделах работы:

- в разделе «Введение» проведен анализ актуальности и сформулирована цель работы;

- в первом разделе исследованы исходные данные для проектирования технологического процесса изготовления детали;

- во втором разделе проведена разработка технологического процесса;

- в третьем разделе спроектированы специальные средства технического оснащения;

- в четвертом разделе исследованы мероприятия по безопасности и экологичности объекта;

- в пятом разделе получена величина экономической эффективности разработанной технологии в размере 6920000 руб.

Таким образом можно утверждать, что поставленная цель выполненной бакалаврской работы достигнута – это разработка технологического процесса сборки и обработки редуктора с минимальной себестоимостью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
2. Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
3. Клепиков, В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
4. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / Б.М. Базров – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
5. Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
6. Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов – М. : ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
7. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 110 с.
8. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ-МСХА, 2016. – 171 с.
9. Bertsche, B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015 – 502 p.
10. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 512 с.

11. Некрасов, С.С. Технология машиностроения / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М. : Колос, 2005. – 360 с.
12. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов – М. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
13. Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков – М. : КНОРУС, 2012. – 400 с.
14. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. – 304 с.
15. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов – М. : КНОРУС, 2013. – 336 с.
16. Rösler, J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007 – 540 p.
17. Silberschmidt, V. Mechanics of Advanced Materials: Analysis of Properties and Performance / V. Silberschmidt, V. Matveenko. Switzerland : Springer International Publishing, 2015. – 205 p.
18. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. - 256 с.
19. Nee, A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. – 3491 p.
20. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
21. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 352 с.

22. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных техникумов / Ю.И. Гельфгат – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.

23. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / К.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. – 1589 p.

24. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.

25. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.

26. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. – 46 с.

27. Ильенков, А.И. Технология машиностроения: учебное пособие / А.И. Ильенков, В.Ю. Новиков. – М. : Издательский центр «Академия», 2017. – 432 с.



## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Маршрутная карта

Дубл.																					
Взам.																					
Площ.																					
Разраб.	Лукашенко А.Ю.																			3	1
Проверил	Гуляев В.А.																				
Утвердил	Логинев Н.Ю.																				
Н. контр.	Егоров А.Г.																				
Корпус редуктора																					
С420 ГОСТ 1412-85																					
М 01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ											
М 02		кг	16,5	1					1	17,8											
А	Цех Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа														
Б	Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.										
A03	000 1000 Заготовительная																				
A04	005 Термообработка																				
A05	010 4101 Агрегатная фрезерная																				
Б06	Агрегатный фрезерный 2-х позиционный						1		1		1										
A07	015 4101 Агрегатная фрезерная																				
Б08	Агрегатный фрезерный 2-х позиционный						1		1		1										
A09	020 4101 Агрегатная расточная																				
Б10	Агрегатный расточной 2-х позиционный						1		1		1										
A11	025 4101 Агрегатная фрезерная																				
Б12	Агрегатный фрезерный 2-х позиционный						1		1		1										
A13	030 4101 Агрегатная расточная																				
Б14	Агрегатный расточной 2-х позиционный						1		1		1										
A15	035 4101 Агрегатная фрезерная																				
Б16	Агрегатный фрезерный 2-х позиционный						1		1		1										
МК	Маршрутная карта																				

Дюбл.	Взам.	Глоуп.											2
АСКОН 10100.													
А	Цех	Уч.	РМ	Юлер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	Обозначение документа	
Б	Код, наименование оборудования				Обозначение документа								
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код								
A01				040	4101	Агрегатная фрезерная							
B02						Агрегатный фрезерный 2-х позиционный				1	1	1	1
A03				045	4101	Агрегатная сверлильная							
B04						Агрегатный сверлильный 4-х позиционный				1	1	1	1
A05				050	4101	Агрегатная							
B06						Агрегатный сверлильный 5-ти позиционный				1	1	1	1
A07				055	4101	Агрегатная сверлильная							
B08						Агрегатный сверлильный 2-х позиционный				1	1	1	1
A09				060	4101	Агрегатная							
B10						Агрегатный сверлильный 3-х позиционный				1	1	1	1
A11				065	4101	Агрегатная							
B12						Агрегатный сверлильный 3-х позиционный				1	1	1	1
A13				070	4008	Плоскошлифовальная							
B14						Плоскошлифовальный 3Е711В				1	1	1	1
A15				075	4101	Агрегатная							
B16						Агрегатный расточной 4х позиционный				1	1	1	1
17													
МК	Маршрутная карта												

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

Операционные карты и карта эскизов

Директор		Исполнитель		Проверенный		Утвержденный		Дата		Лист		Кол-во		Итого	
И.о.директора		И.о.исполнителя		И.о.проверенного		И.о.утвержденного		Дата		Лист		Кол-во		Итого	
И.о.директора		И.о.исполнителя		И.о.проверенного		И.о.утвержденного		Дата		Лист		Кол-во		Итого	
Разработчик		Проверенный		Утвержденный		Дата		Лист		Кол-во		Итого		Итого	
Лукaschenko A.Yu.		Lukaschenko A.Yu.		Lukaschenko A.Yu.										5 1	
Проверенный		Утвержденный		Дата		Лист		Кол-во		Итого		Итого		Итого	
Lukaschenko A.Yu.		Lukaschenko A.Yu.												5 1	
И.о.директора		И.о.исполнителя		И.о.проверенного		И.о.утвержденного		Дата		Лист		Кол-во		Итого	
Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.		Egorov A.G.	
Наименование операции		Материал		Твердость		EB		MD		Профиль и размеры		M3		KOИД	
Агрегатная		СЧ20 ГОСТ 1412-85		HB=160		кг		16,5		500x333,4x220		17,8		1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		ГО		/в		/пз.		/шт.		СОЖ			
Агрегатный 5-ти позиционный				0,22		0,1				0,32					
Р		ПМ		D или B		L		t		f		s		n v	
T01 Стол 7204-0010 ГОСТ 16936-71															
T02 Приспособление специализированное наладочное															
O03 1. Установить и закрепить заготовки															
O04 2. Сверлить отверстия															
T05 2301-1045 Сверло d=10.5 Р6М5 ГОСТ 19547-74															
T06 ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89															
P07		-		10,5		41		5,25		1		0,417		454 15	
O08 3. Нарезать внутреннюю резьбу															
T09 2629-2079 Метчик ГОСТ 17928-72															
P10		-		12		39		0,41		1		0,75		239 9	
O11 4. Сверлить отверстия															
T12 2301-1025 Сверло d=8.5 Р6М5 ГОСТ 19547-74															
T13 ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89															
OK		Операционная карта													

		ГОСТ 3.1404-86 Форма											
Дубл.	Взам.												
Площ.													
		I											
		055											
P		П	И	Д	Л	И	В	L	Г	Г	S	П	V
P01		-	8,5	13	4,25	1	0,433	731	19,5				
O02	5. Нарезать внутреннюю резьбу окончательно												
T03	2629-2039 Метчик ГОСТ 17928-72												
P04		-	8	13	0,55	1	1	9					
O5													
O6													
O7													
O8													
O9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
OK	Операционная карта												

