

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

Технологии, оборудование и автоматизация

машиностроительных производств

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Модульный технологический процесс изготовления червяка

Студент(ка)

А.В.Бутусов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А.Расторгуев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В.Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И. В.Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г.Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н, доцент

Н.Ю. Логинов

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение бакалаврской работы**  
**направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»**  
**профиль «Технологии, оборудование и автоматизация**  
**машиностроительных производств»**

Студент Бугусов Анатолий Владимирович гр. МСбз-1202

1. Тема Модульный технологический процесс изготовления червяка
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертеж детали, годовой объем выпуска 1300 дет/год

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

*Титульный лист.*

*Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.*

*Введение*

- 1) *Описание исходных данных*
- 2) *Технологическая часть работы*
- 3) *Проектирование приспособления и режущего инструмента*
- 4) *Безопасность и экологичность работы*
- 5) *Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

УТВЕРЖДАЮ  
 Заведующий кафедрой  
 к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов  
 (подпись)  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
 выполнения бакалаврской работы**

Студента Бутусов Анатолий Владимирович

По теме Модульный технологический процесс изготовления червяка

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
<i>Описание исходных данных</i>	01.02.2017	25.01.2017	выполнено	
<i>Технологическая часть работы</i>	01.04.2017	27.03.2017	выполнено	
<i>Проектирование приспособления и режущего инструмента</i>	01.05.2017	24.04.2017	выполнено	
<i>Безопасность и экологичность работы</i>	15.05.2017	12.05.2017	выполнено	
<i>Экономическая эффективность работы</i>	15.05.2017	14.05.2017	выполнено	

Руководитель выпускной  
 квалификационной работы

\_\_\_\_\_ Д.А.Расторгуев  
 (подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ А.В.Бутусов  
 (подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Бутусов Анатолий Владимирович Модульный технологический процесс изготовления червяка/ Тольяттинский государственный университет: Тольятти, 2017. – 62 с.

Ключевые слова: зубчатые поверхности, упрочнение, концентрация переходов, модульный станок, токарный центр.

Работа посвящена проектированию технологического процесса изготовления червяка с использованием принципа проектирования операций концентрации – на токарно-фрезерном центре.

## Содержание

Введение.....	6
1. Описание исходных данных .....	7
2. Технологическая часть работы .....	11
3. Проектирование приспособления и режущего инструмента .....	29
4. Безопасность и экологичность работы .....	37
5. Экономическая эффективность проекта .....	46
Заключение .....	50
Список использованной литературы.....	51
Приложения .....	54

## ВВЕДЕНИЕ

Работа червячных зацеплений связана с большими нагрузками в зубчатой паре, значительным трением. Для повышения эксплуатационных параметров редукторов требуется изготавливать детали с использованием современных достижений в области машиностроения. К ним относится модульный принцип построения технологических процессов и оборудования. С использованием данного подхода спроектирован техпроцесс изготовления червяка. В отличие от других технологических процессов (типового, группового и единичного) модульный техпроцесс обеспечивает при должной автоматизации проектирования многократное ускорение этого процесса. При этом основной плюс этой системы построения техпроцессов, что на одном оборудовании и на одном участке можно обрабатывать различные по конфигурации детали. Это обеспечивается модульным построением техпроцесса, когда для однотипных модулей поверхностей формируются модели операций с модулями оснащения. Это ускоряет производство в том числе за счет сокращения вспомогательного времени, затраченного на переналадку оборудования.

В работе показан пример формирования таких технологических моделей для поверхностей.

# 1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Анализ работы червяка

Вал червяк работает в червячном редукторе с передаточным отношением 40. Он устанавливается по шейкам в подшипники и входит в зацепление с червячным колесом. Червяк является входным валом и через муфту подсоединяется к двигателю. Соединение по крутящему моменту через шпоночный паз. Выходной конец вала проходит через крышку с сальниковым уплотнением.

Червяк работает при значительном крутящем моменте и больших силах трения на зубчатой поверхности витков червяка.

Характер нагрузки: переменный динамический сосредоточенный. Все поверхности в зависимости от назначения работают в разных условиях и требования к ним предъявляют тоже разные. Поверхности систематизированы на рисунке 1.1 и в таблице 1.1.

Исходя из данных условий выбираем для материала червяка сталь 30ХГН ГОСТ 4543-71. Этот материал подходит по условиям работы детали. Состав химических элементов приведен в таблице 1.2, физические параметры в таблице 1.3 [1].

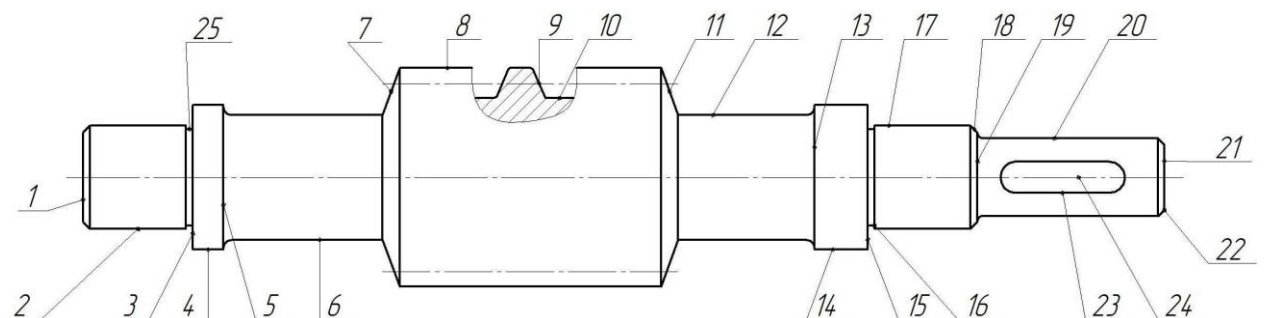


Рисунок 1.1 - Эскиз детали

Таблица 1.1 - Требования по поверхностям по точности и шероховатости

№	Шероховатость, мкм	Размеры, мм	Тип	Форма	Квалитет	требования	Допуск, мм
1	2	4	2	3	6	7	8
1	12,5	348	С	П	12		
2	0,63	34	ОКБ	Ц	6	О ©	0,008 0,016
3	1,25	36	ОКБ	П	12	⊥	0,02
4	12,5	46	С	Ц	12		
5	12,5	10	С	П	12		
6	12,5	40	С	Ц	12		
7	12,5	94	С	Ф	12		
8	3,2	70	С	Ц	12		
9	1,25	60	И	3	8-В		
10	12,5	50	С	Ф	12		
11	12,5	94	С	Ф	12		
12	12,5	40	С	Ц	12		
13	12,5	10	С	П	12		
14	12,5	46	С	Ц	12		
15	1,25	36	ОКБ	П	12	⊥	0,02
16	12,5	2	С	Ф	12		
17	0,63	34	ОКБ	Ц	6	О ©	0,008 0,016
18	12,5	2,5	С	Ф	12		
19	12,5	0,5	С	Ф	12		
20	0,63	25	ВКБ	Ц	6		
21	12,5	348	С	П	12		



Продолжение таблицы 1.1

1	2	4	2	3	6	7	8
22	12,5	2,5	С	Ф	12		
23	2,5	10	ВКБ,ИП	Ф	10		
24	12,5	20	ВКБ	П	14		
25	12,5	2	С	Ф	12		

Таблица 1.2 - Состав стали 30ХГН

Химический состав	%
Кремний (Si)	0,90 – 1,20
Марганец (Mn)	0,80 -1,10
Медь (Cu), не более	0,30
Никель (Ni),	0,80 -1,10
S - сера, не более	0,035
Углерод (C)	0,28 - 0,35
P - фосфор, не более	0,035
Хром (Cr)	0,80 -1,10

Таблица 1.3 - Физические свойства стали 30ХГН

Термообработка или состояние поставки	Сечение, мм	$\psi_5$ , %	$\xi$ , %	HRC	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа
Закалка 880 °С в масле. Отпуск при температуре 540 °С в воде или масле	25	10	45		830	1080
Поковки. Нормализация. КП 395	< 100	17	45		395	615
Закалка 860-880 °С, масло. Отпуск 200-250 °С, воздух.	30	7	40	43-51	1270	1470

## 1.2 Анализ технологичности детали

Деталь технологична в отношении и конструкции и по обрабатываемости. При ее обработке можно использовать производительные современные методы обработки, в том числе заготовительные [21].

Общая длина червяка составляет  $L=348$  мм, средний диаметр  $D_{cp}=52$  мм. Поэтому отношение этих размеров  $348/52=6,7$  позволяет отнести к червяк к валам средней жесткости.

Основная задача и трудность при обработке деталей такого вида – это обеспечение заданных требований у зубчатой поверхности. Она имеет сложную форму и профиль и поэтому технологически трудно ее обеспечить. Для этого применяется специализированное оборудование (червячно-фрезерные и –шлифовальные станки). Для нарезания витков могут применяться токарные резцы на токарных станках, но процесс трудоемкий, непроизводительный и имеет недостаточно высокие технические возможности.

Для современных производств характерно использование станков новой компоновки, где можно комбинировать различные методы обработки, разнообразный инструмент. Они дают возможность обработать с различных направлений поверхности, в том числе сложные. К такому типу станков относятся токарно – фрезерные центра. Они имеют до нескольких суппортов и силовых головок, включая для чистовой обработки и глубокого сверления с собственными приводами. Это дает возможность полной обработки сложных деталей на ограниченном количестве станков.

В работе предлагается лезвийную обработку выполнить на таком многофункциональном центре.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1. Выбор типа производства

Для заданных параметров (годового объема выпуска 1300 дет./год, и массе детали – определяется для чертежных размеров с учетом плотности материала – 4,2 кг) соответствующий тип производства по [21] – среднесерийный.

### 2.2. Выбор метода получения заготовки.

Так как заготовка червяка имеет простую конфигурацию, материал сталь 30ХГН, тип производства смотри пункт 2.1 – оптимальные способ получения заготовки, это горячая штамповка в открытых штампах [15].

Прокат нерационально вбирать из-за большого перепада диаметров (22,5 мм на сторону). Это увеличивает время и стоимость механической обработки и расходы материала.

Соответствующий руководящий документ при проектировании штамповки – ГОСТ7505-89 [7]. По нему определяются допуски на размеры, общие припуски на все размеры, и дополнительные параметры (штамповочные радиусы и уклоны).

По ГОСТ 7505-89 определяются все параметры: класс точности по способу штамповки– Т4; степень сложности по конфигурации – С2; исходный индекс окончательно – 15; по материалу группу стали– М2.

На точную поверхность  $\varnothing 34k6 \left( \begin{smallmatrix} 0,018 \\ 0,002 \end{smallmatrix} \right)$  припуски с размерами подсчитаны аналитически по формулам и представлены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Расчетные значения операционных припусков и размеров на самую точную поверхность  $\varnothing 34k6$   $\left( \begin{matrix} 0,018 \\ 0,002 \end{matrix} \right)$

ТА, мм	Методы обработки	Для расчета припуска, мм				Припуски, мм		Расчетный размер, мм	
		<b>T</b>	<b>Rz</b>	$\Delta_{пр}$	$\epsilon_y$	$Z_{min}$	$Z_{max}$	$D_{min}$	$D_{max}$
1,6	Заготовка (горячая штамповка)	0,5		0,27				36.4	38.0
0,25	Точение первое	0,04	0,02	0,03	0,15	2.0	3.4	34.33	34.58
0,06 2	Точение второе	0,03	0,015	0,02	0,02	0.19	0.38	34.23	34.292
0,02 5	Шлифование первое	0,02	0,01	0,01	0,008	0.134	0.077	34.096	34.121
0,01 6	Шлифование второе	-	0,005	0,005	0,006	0.094	0.103	34.002	34.018

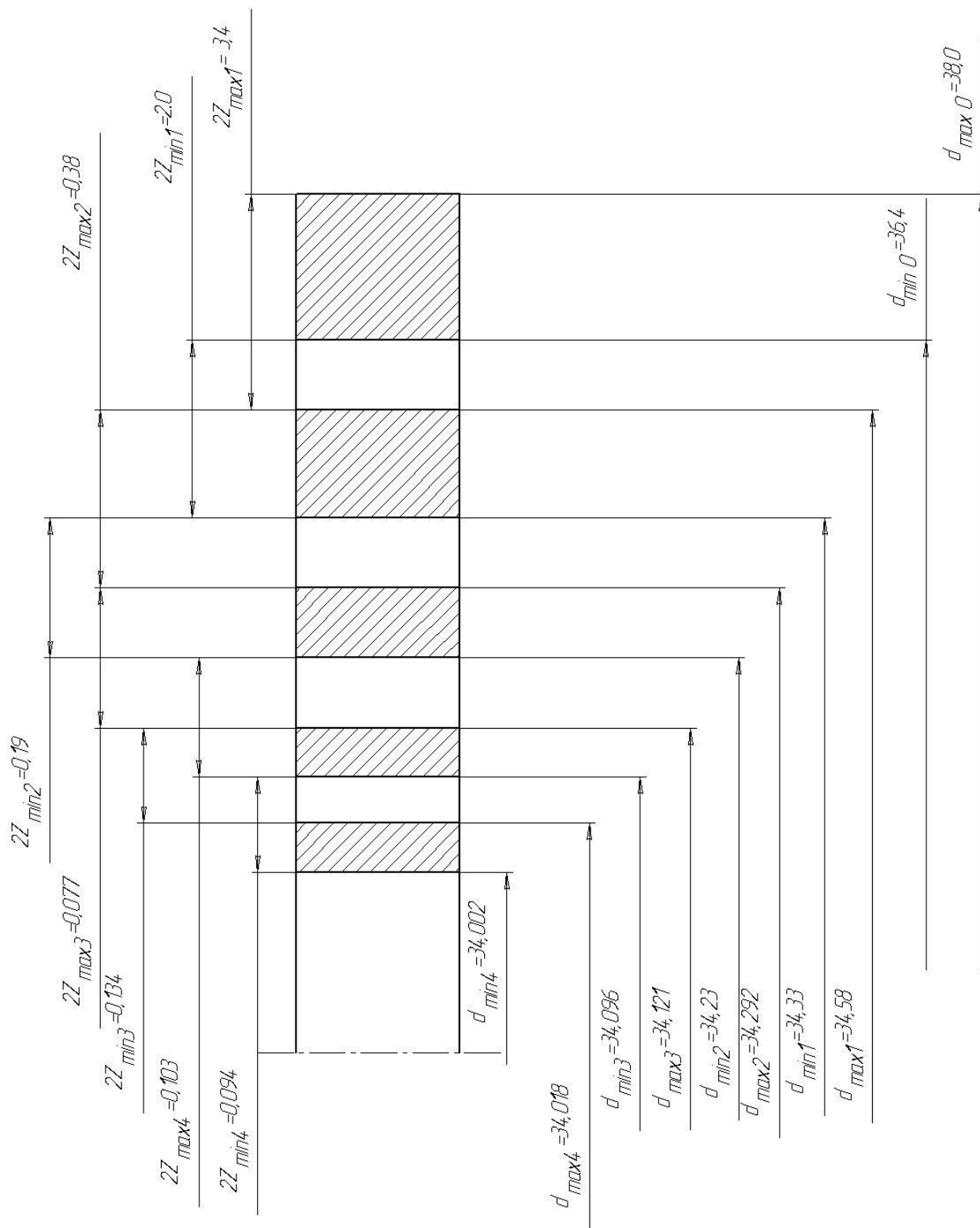


Рисунок 2.1 - Схема графическая по припускам

### 2.3. Разработка технологического маршрута

В разделе в таблицу 2.2. вносим для каждой поверхности свой маршрут обработки. Они берутся из таблиц типовых маршрутов обработки в зависимости от вида поверхности и требований к ней [19].

Таблица 2.2 Технологические переходы на отдельные поверхности червяка

№	Шероховатость, мкм	Размеры, мм	Квалитет	Технологический маршрут по поверхностям
1	2	3	4	5
1	12,5	348	12	Фр.чн. торц.(13; Ra12,5)
2	0,63	34	6	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2) – Ш. чн. (7; Ra 2,5) – Ш. чс. (6; Ra0,63)
3	1,25	36	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2) – Ш. чн. (7; Ra 2,5)
4	12,5	46	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
5	12,5	10	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
6	12,5	40	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
7	12,5	94	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
8	3,2	70	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
9	1,25	60	8-В	З.фр.(11; Ra6,3)-З.шв.(9; Ra2,5) – З.шл. (8; Ra1,25)
10	12,5	50	12	З.фр.(11; Ra6,3)
11	12,5	94	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
12	12,5	40	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
13	12,5	10	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
14	12,5	46	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
15	1,25	36	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2) – Ш. чн. (7; Ra 2,5)
16	12,5	2	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
17	0,63	34	6	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2) – Ш. чн. (7; Ra 2,5) – Ш. чс. (6; Ra0,63)
18	12,5	2,5	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
19	12,5	0,5	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
20	0,63	25	6	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2) – Ш. чн. (7; Ra 2,5) – Ш. чс. (6; Ra0,63)
21	12,5	348	12	Фр.чн. торц.(13; Ra12,5)
22	12,5	2,5	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)
23	2,5	10	10	Фр.чс. конц.(10; Ra2,5)
24	12,5	20	14	Фр.чс. конц.(13; Ra12,5)
25	12,5	2	12	Т.чн.(13; Ra12,5)- Т.чс.(9; Ra3,2)

Технологический маршрут – это перечень операций, которые включают все выбранные ранее технологические переходы. Они представлены в таблице 2.3 [8].

Таблица 2.3 - Операции по изготовлению червяка

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Содержание операций (в скобках квалитет и шероховатость)
1	2	3	4
000	Заготовительный процесс	КГШП	отштамповать

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный п/авт МР-76АМ	Фрезеровать торцы 1, 21 (12; Ra 12,5) сверлить центровые отверстия 35(9; Ra 3,2)
010	Токарная	Токарно-фрезерный станок Victor VTplus-15\20	Установ А Точить (начерно) поверхности 11-15, 17, 19, 20
			Установ Б Точить (начерно) поверхности 2-8
			Точить (начисто) поверхности 2-8, 22, 25
			Установ В Поз. I: Точить (начисто) поверхности 11, 22 Поз. II: Фрезеровать шпоночный паз поверхности 23 24 Поз. III: Фрезеровать витки червяка поверхность 9, 10
015	Термообработка		
020	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный	Установ А и Б Шлифовать центровые отверстия



Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
		3922E	поверхности 35
025	Шлифовальная черновая	Универсальный круглошлифовальный станок FU42x100	Установ А Шлифовать поверхности начерно 15, 17, 19, 20
			Установ Б Шлифовать поверхности начерно 3, 2
030	Шлифовальная чистовая	Универсальный круглошлифовальный станок FU42x100	Установ А Шлифовать поверхности начисто 15, 17, 19, 20
			Установ Б Шлифовать поверхности начисто 3, 2
035	Червячношлифовальная	Червячношлифовальный станок 5K881	Шлифовать поверхности 9
040	Мойка		
045	Контроль окончательный		

## 2.4. Выбор средств оснащения

Таблица 2.4 -Выбор технологического оборудования с оснащением

Название операции	Модель оборудования	Приспособл.	Реж.инструмент	Измерительное средство
1	2	3	4	5
000 Заготовительная	Штамповка на ГКШП	-	-	-
005 Фрезерно - центровая	Фрезерно - центровой МР-76	Тиски 7200-0252 ГОСТ21168-85	2214-0503 Фреза d=80, z=6 Т15К6 ГОСТ 28719-90 2317-0018 Сверло d=4 Р6М5 ГОСТ 14952-75	ШЦ - Ш-500-0,05 ГОСТ 166-89
010 Токарная	Токарно-фрезерный станок Victor VTplus-15\20	Патрон 7100-0062 ГОСТ 2675-80; Люнет 6046-0002 ГОСТ 21189-75	РТТNR 3232Р27 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82 Т15К6, Т5К10, 2223-1131 Фреза d=10, z=3 Р8М3К6С ГОСТ 23247-78,	ШЦ-Ш-500-0,05 ГОСТ 166-89 МК50-1 ГОСТ 6507-90,

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
			PTTNR 3225P22Резе ц Т15К6 ТУ 2-035-892- 82, 035- 2128-0561 Резец Т14К8 ОСТ 2И10-8- 84, 2241- 0222 Фреза d=80, z=8 Р18 ГОСТ 16228-81	
015 ТО	Печь индукционная		Ванна закалочная	
020 Центрошлиф овальная	Центрошлиф овальный 3292Е	Тиски станочные винтовые самоцентриру ющиеся с призматическ ими губками Тиски 7200- 0252 ГОСТ21168- 85	4 320x60x40 24А F14 О 6 V 35 АА 1 ГОСТ 52781-2007	
025 Торцекругло шлифовальн ая	Универсальн ый круглошлифо вальный станок	Патрон 6151- 0053 ГОСТ 17200-71, Центр 7032- 0109 ГОСТ	4 320x60x40 24А F14 О 6 V 35 АА 1 ГОСТ 52781-2007	Профилометр Сейтроник ПШ8-1 ГОСТ 2789-73

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5
	FU42x100	2575-79		
030 Круглошлиф овальная	Универсальн ый круглошлифо вальный станок FU42x100	Патрон 6151- 0053 ГОСТ 17200-71, Центр 7032- 0109 ГОСТ 2575-79	4 320x60x40 24A F50 P 5 V 35 AA 3 ГОСТ 52781- 2007	Профилометр Сейтроник ПШ8-1 ГОСТ 2789-73
035 Червячно- шлифовальн ая	Червячно- шлифовальны й станок 5K881	Патрон трехкулачков ый 7100-007 ГОСТ 2675- 81; Центр упорный ГОСТ 13214- 79 Люнет неподвижный	2П 250x76x20 б 20 <sup>0</sup> 24А 12Н СТ1 9К ГОСТ 2424- 83	Профилометр Сейтроник ПШ8-1 ГОСТ 2789-73
040 Моечная				
045 Контрольная				

### 2.5. Нормирование технологических операций

Обработка ведется на токарно-фрезерном модульном станке Victor VTplus-15\20. В качестве инструмента берется 2223-1131 Фреза d=10, z=3 P8M3K6C ГОСТ 23247-78 [4, 11, 14, 16].

Глубина резания  $t = 2.5$  мм, ширина паза  $B = 10$  мм.

Число зубьев фрезы  $z = 2$ .

Осевое врезание на глубину шпоночного паза проходит с подачей  $S_z=0,05$  мм/зуб [20].

Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза  $S_z=0,08$  мм/зуб.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p}, \quad (2.1)$$

Где:  $D$  – диаметр фрезы, мм;

$C_v$  – коэффициент и  $q, m, x, y, u, p$  – показатели степени для конкретизации условий операции;

$T$  – период стойкости фрезы,  $T=60$  мин.

$C_v = 46,7; q = 0,45; x = 0,5; y = 0,5; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,33$ .

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.2)$$

$K_{mv}$  учитывает физико-химические свойства стали 30ХГН:

$$K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\sigma}\right)^{n_v} \quad (2.3)$$

Где  $K_\Gamma = 1; n_v = 0,9; \sigma_\sigma = 615$  МПа.

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{615}\right)^{0,9} = 1,22.$$

$K_{nv} = 1$  для обработанной поверхности;  $K_{uv} = 1$ .

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22.$$

Скорость резания при продольной и осевой подаче:

$$V_1 = \frac{46,7 \cdot 10^{0,45} \cdot 1,22}{60^{0,33} \cdot 2,5^{0,3} \cdot 0,08^{0,25} \cdot 10^{0,1} \cdot 2^{0,1}} = 27 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения фрезы при осевой подаче:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27}{3,14 \cdot 10} = 864 \text{ об/мин.}$$

Сила резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}}{D^q \cdot n^w} \quad (2.5)$$

Где  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ ;  $K_{MP} = 1$ .

При продольной подаче:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2,5^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,942}{10^{0,86} \cdot 864^0} = 521 \text{ Н.}$$

Крутящий момент при максимальной силе резания:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot V}{2 \cdot 100} = \frac{521 \cdot 27}{200} = 26 \text{ Нм.} \quad (2.6)$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{521 \cdot 27}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт.} \quad (2.7)$$

0,3<5,5 (для приводного инструмента)

Значит, данный станок можно использовать на данном режиме фрезерования. Все остальные режимы резания сводятся в таблицы 2.5, 2.6.

Таблица 2.5 - Режимы резания для 010 токарной операции.

Переходы №- №	Глубина слоя t, мм.	Подача S <sub>о</sub> ,мм./об.	Подача минутная S <sub>м</sub> , мм./мин.	Обороты n <sub>ш</sub> , об./мин.	Скорость резания V, м./мин.
1	2	3	4	5	6
Обтачивание черновое. Установ А и Б	1,4	0,5	415	830	184
Обтачивание чистовое. Установ Б, В.	0,14	0,18	350	1943	427
Фрезерование паза фрезой Ø10 мм	2x2,5	Sz=0,08 мм/зуб 0,16	138	864	27
Фрезерование витков червяка модульной фрезой Ø100 мм	10	Sz=0,05 мм/зуб 0,1	183	228	72

Таблица 2.6 - Составляющие силы резания

Переходы №- №	Сила резания $P_z$ , Н	Сила резания $P_y$ , Н	Сила резания $P_x$ , Н	Мощность $N_p$ , кВт	Стойкость инструмента $T_{и}$ , мин
1	2	3	4	5	6
Обтачивание черновое. Установ А и Б	1096	439	767	3,3	60
Обтачивание чистовое. Установ Б и В.	45	20	31	0,313	60
Фрезерование паза фрезой $\varnothing 10$ мм	521	Мкр 26 Н·м		0,23	60
Фрезерование витков червяка модульной фрезой $\varnothing 100$ мм	145	Мкр 73 Н·м		0,17	60

## 2.6. Расчет норм времени на токарную операцию

Определим норму штучно-калькуляционного времени  $T_{шт-к}$  для среднесерийного производства [21]:



$$T_{шт-к} = \frac{T_{П-З}}{n} + T_0 + (T_{УС} + T_{ЗО} + T_{УП} + T_{ИЗ}) \cdot K + T_{ОБ-ОТ}, \quad (2.8)$$

Где:  $T_{П-З}$  – для серийного производства находится подготовительно - заключительное время, мин;

$T_0$  – время обработки, мин;

$\dot{o}_{ОН}$  – время для установки со снятием червяка, мин;

$\dot{o}_{СІ}$  – время, которое уходит на закрепление или открепление заготовки, мин;

$\dot{o}_{ОІ}$  – время, которое тратится на управление ходом обработки, мин;

$\dot{o}_{ЕС}$  – время на контроль на операции, мин;

$T_{ОБ-ОТ}$  – общее время на обслуживание и отдых, мин;

$n$  - количество червяков для партии запуска, шт.;

$K$  – поправочный коэффициент на вспомогательное время (для среднесерийного производства  $K=1,85$ ).

В  $T_{П-З}$  входят:

- время на фиксацию станочного приспособления – 10 мин.;

- время на наладку-настройку инструмента – 4 мин

- получение со склада и сдача на склад приспособления и инструмента – 4 мин:

$$T_{П-З} = 10 + 4 + 4 = 18 \text{ мин.}$$

Суммарное время на все вспомогательные технологические переходы включая установку и снятие червяка, закрепление и открепление, время на приёмы управления и включение и выключение станка кнопкой, быстрый подвод, время, затраченное на измерение детали, приведено в таблице 2.8.

Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{S_M} \cdot i = \frac{l + l_1}{S_{м.ос.}} + \frac{l_2}{S_{м.пр.}}, \quad (2.9)$$

Где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, м;

$l_1$  – длина на врезание инструмента, м;

$l_2$  – дополнительная длина взятие пробной стружки, м;

$S_m$  – минутная подача, мм/мин.

Таблица 2.7 - Элементы для расчета штучного времени

Переходы №- №	Основное время $T_0$ , мин	Вспомогательное Время $T_v$ , мин	Время обслуживания $T_{обсл}$ , мин	Время отдыха $T_{отд}$ , мин
1	2	3	4	5
Обтачивание черновое. Установ А и Б	1,0	$((0,08+0,04) \cdot 2 + 0,04 +$ $+0,08 \cdot 6 + 0,15 +$ $+0,15) \cdot 1,85 = 2$	$2,97 \cdot 0,06 = 0,18$	$2,97 \cdot 0,04$ $= 0,12$
Обтачивание чистовое. Установ Б и В.	1,13			
Фрезерование паза фрезой $\varnothing 10$ мм	0,3			
Фрезерование витков червяка модульной фрезой $\varnothing 100$ мм	0,54			

Штучно-калькуляционное время  $T_{шт-к}$ :

$$T_{шт-к} = \frac{18}{12} + 2,97 + 2,0 + 0,18 + 0,12 = 5,27 \text{ мин.}$$

В результате спроектирован с нуля техпроцесс. Обработка ведется на современном высокоскоростном оборудовании. Сразу после штамповки заготовка обрабатывается на фрезерно-центровальном станке. Он выбран для получения чистовых баз, по которым червяк устанавливается на операциях и на черновом этапе и на чистовом и отделочном. Особенность технологии изготовления, использование токарно-фрезерного центра Victor VTplus-15\20. Этот станок на одной операции дал возможность выполнить все переходы по формированию детали (обтачивание черновое-чистовое) а также фрезерование паза для шпонки и витков червяка. Причем для последнего перехода используется высокопроизводительный способ нарезания модульной фрезой. Этот переход аналогичен, выполняемым на червячно-фрезерном станке. В данном случае система управления станком позволяет реализовать метод с круговой подачей заготовки при вращении фрезы с заданной частотой. После термообработки после правки центров по методу планетарного шлифования коническим кругом происходит окончательная доводка точных шеек и самой червячной поверхности на шлифовальных станках.

## 2.7. Модульная технология разработки техпроцесса изготовления вала

Для модульного представления технологии изготовления вала червяка его поверхности представлены в виде типовых модулей согласно [15]. Для каждого модуля разработан в данных производственных условиях типовой маршрут обработки, включая станки, приспособление, инструмент.

Для примера показан эскиз вала червяка с закодированными поверхностями (рисунок 2.2).

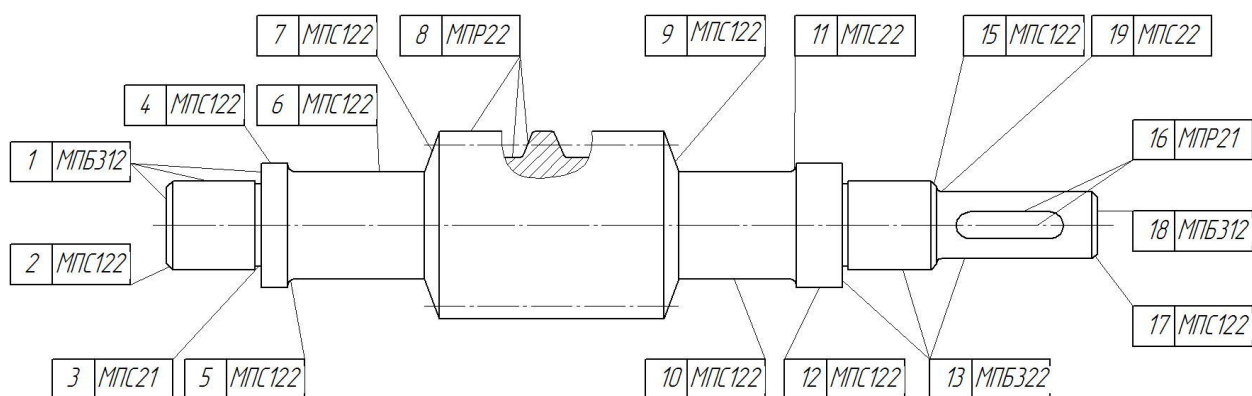


Рисунок 2.2 – Закодированные поверхности червяка

Модули поверхности в данной методике аналогичны классификации (смотри пункт 1.1). Отличием является учет конструктивных особенностей – сочетаний плоскостей, цилиндрических поверхностей (наружных или внутренних) или сложных, фасонных поверхностей. По назначению они делятся на рабочие, базовые и, отличающиеся, связующие виды поверхностей. Каждому типу по назначению и виду присваивается код. Примеры таких кодов и их расшифровка даны на листе.

Для модульного построения техпроцесса необходимо представить чертеж в модульной форме (рисунок 2.2). Весь техпроцесс будет сочетанием технологических модулей по изготовлению модулей поверхностей. Пример такого технологического модуля дан на листе. Сам этот технологический модуль является сочетанием нескольких операций, каждая из которых может состоять из нескольких технологических переходов. Формируем их из элементарных технологических переходов. Поскольку начинается обработка с заготовки – формируем модуль заготовительный поверхности. Используется здесь преимущества серийного и массового производства применительно к единичному или мелкосерийному. Это обеспечивается за счет обработки отдельных моделей поверхностей на многоинструментных позициях или операциях на специализированных рабочих местах.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

#### 3.1. Расчет и проектирование приспособления

##### 3.1.1 Исходные данные

Вид заготовки червяка: штамповка. Материал заготовки червяка: сталь 30ХГН;  $\sigma_B=615$  МПа.

Способ обработки для проведения расчета максимального усилия зажима – черновое контурное точение для операции 010.

Тип режущей части токарного резца – контурный со сменной ромбической неперетачиваемой пластиной (аналог Т15К6):  $\varphi=93^\circ$ ;  $\gamma=4^\circ$ ;  $\lambda=-4^\circ$ .

Комбинация режимов обработки: подача обратная  $S = 0,5$  мм/об; глубина припуска  $t = 1,4$  мм; скорость точения  $V = 184$  м/мин.

Тип проектируемого приспособления: для одной заготовки, универсальное со сменными кулачками (наладочное) [1,3,4].

##### 3.1.2 Расчет силы резания при обтачивании

Расчет сил резания выполним по методике, изложенной в [4].

Из расчетов п.6 сила резания равна  $P_Z = 130$  Н. Операционный эскиз на рисунке 3.1.

Составляющая  $P_Y$  не учитывается, так как установка с поджимом задним центром дает высокую жесткость заготовки в радиальном направлении.

##### 3.1.3. Расчет усилия зажима

Рассчитаем силу зажима из условия обеспечения ее равновесия под действием сил резания.

Крутящий момент, который создается тангенциальной составляющей силой резания, проворачивает вал в кулачках патрона и равен:

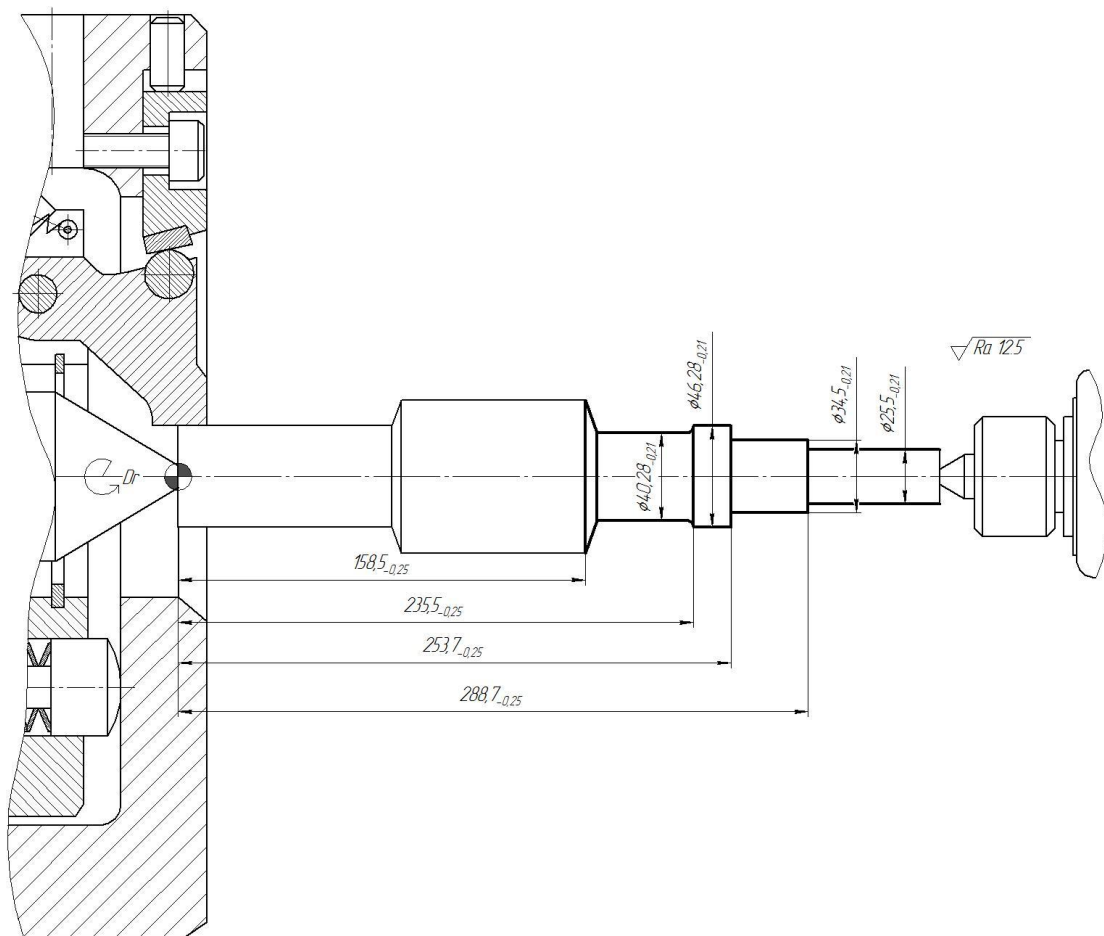


Рисунок 3.1. – Операционный эскиз операции 010 (черновое точение)

$$M_{PPz} = \frac{P_z \cdot d_0}{2}; \quad (3.1)$$

Где:  $P_z$  – касательная составляющая равнодействующей силы резания, Н;

$d_0$  – диаметр обрабатываемой поверхности, м.

Повороту вала препятствует момент от силы закрепления (рисунок 3.2):

$$M_{3Pz} = \frac{T \cdot d_3}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}; \quad (3.2)$$

Где  $W$  – общая усилие для закрепления, Н;  
 $f$  – коэффициент трения по контактной поверхности у сменного кулачка.

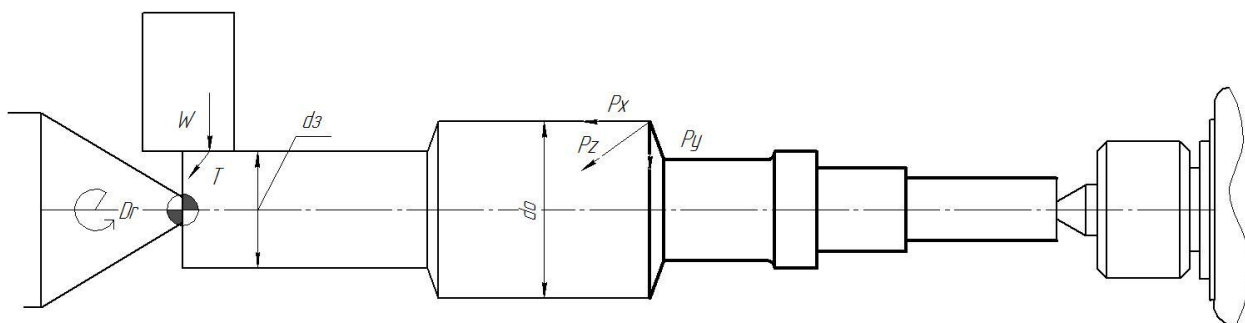


Рисунок 3.2 – Схема действия сил резания и закрепления

Из равенства найденных моментов  $M_{Pz}$  и  $M_3$  считается требуемая сила зажима:

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot P_z \cdot d_0}{f \cdot d_3}; \quad (3.3)$$

Где:  $k$  – гарантированный коэффициент безопасности.

Его значение  $k$  задается для конкретных условий производства. Найдем его по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (3.4)$$

$$K_{Pz} = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1 = 1.8;$$

$$K_{Py} = 2,52.$$

Коэффициент трения  $f$  между поверхностью сменных кулачков и базовой поверхностью заготовки определяется состоянием его рабочей поверхности. Для рабочей поверхности кулачков в форме кольцевых канавок он равен  $f = 0,3$ .

После подстановки в формулу данных, получаем:

$$W_{Pz} = \frac{2,5 \cdot 1096 \cdot 70}{0,3 \cdot 46} = 13898 \text{ Н} .$$

### 3.1.4. Расчет зажимного механизма

Величина исходного усилия зажима  $Q$ , которое прикладывается к кулачкам, с учетом комплексного зажимного механизма (клинового-зажимного) по формуле:

$$Q = \frac{W \cdot l_1}{l_2 \cdot i_C}, \quad (3.5)$$

Где  $l_1, l_2$  – расстояние - плечи рычага, м;

$i_C$  – конструктивно определенное по углу передаточное силовое отношение клинового зажима.

Силовое передаточное отношение  $i_C$  определяется углом  $\alpha$  клинового механизма. Он равен  $8^\circ$  (лист). Для него передаточное отношение равно  $i_C = 2,7$ .

Значения  $l_1, l_2$  и  $\alpha$  для расчетов принимаются конструктивно. Подставив исходные данные в формулу (3.5), получим:

$$Q = \frac{13898 \cdot 48}{67 \cdot 2,7} = 3688 \text{ Н}.$$

Диаметр патрона принимается равным 336 мм.

### 3.1.5. Расчет силового привода

Для того, чтобы создать исходное усилие  $Q$  необходимо применить силовой привод. В данном случае он сделан в виде набора четырех тарельчатых пружин диаметром 35 мм, которые установлены в корпусе в



отверстиях подвижной плиты. Формула для расчета сил создаваемых жесткостью пружин:

$$P_n = \frac{4Et\delta}{(1-\nu^2)D^2A} \left[ \epsilon - \delta \left( h - \frac{\delta}{2} \right) + t^2 \right], \quad (3.6)$$

Где  $t$  – толщина пружины, 2 мм;

$\delta$  – осадка пружины, 2 мм;

$E, \nu$  – модуль упругости, коэффициент Пуассона пружины;

$D$  – диаметр пружины, 40 мм;

$A$  – коэффициент, 0,4.

$$P_n = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 0,002 \cdot 0,002}{(1-0,3^2) \cdot 0,04^2 \cdot 0,4} \left[ 0,002 - 0,002 \left( 0,002 - \frac{0,002}{2} \right) + 0,002^2 \right] = 4395 \text{ Н.}$$

При деформации пружин около 0,5 от максимальной  $P_3=5886$  Н. При четырех комплектах по 7 пружин общее усилие равно 30769 Н.

Для сжатия пружин и освобождения заготовки используется пневматический привод:

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.8)$$

где  $P$  – давление в гидросистеме. Принимается  $P = 2,5$  МПа.

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{30769}{2,5}} = 125 \text{ мм}$$

Для разжима сбрасывается давления и пружины отталкиваясь от корпуса отводят рычаги от заготовки.

Ход поршня для гидроцилиндра принимается равным 3 мм.

### 3.1.6. Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

Для минимальной погрешности установки перед использованием на данной заготовке кулачки будут растачиваться. Погрешность установки с учетом этого в приспособление заготовки равна:

$$\varepsilon_y = 0,3 \cdot Td = 0,3 \cdot 210 = 63 \text{ мкм}$$

где  $Td$  – технологический допуск для максимального обрабатываемого размера.

### 3.1.7. Описание конструкции приспособления

Разработанное приспособление для использования на операции 010 для токарного станка служит, во-первых, для базирования, во-вторых, для закрепления заготовки вала червяка на черновых переходах.

Приспособление содержит корпус 1 патрона, который закрепляется на шпинделе. Силовой привод встроен в корпус 1 и предназначен для разжима кулачков 5. Поршень 7 с манжетами 29 и 30 перемещается по центральной втулке, в которую устанавливается центр 22. Кулачок 5 на оси 20 через опорный ролик упирается в клин 17. Он зафиксирован в опорной планке 6, которая винтом 16 закреплена на крышке 4. Внутренняя плита 3 через четыре пальца 27 подпружиненные тарельчатыми пружинами 28. Промежуточная плита 2 закрепляется на корпусе 1 винтами 13. Между корпусом 1 и крышкой 4 устанавливается проставочная плита 26. Она регулируется штифтами 11, которые фиксируются винтами 12. Поршень поджимается пружинами 25 установленными на штифты 24.

Приспособление работает следующим образом. При сбросе давления в левой полости цилиндра поршень 7 пружинами 25 отжимается влево. Освобожденная внутренняя плита 3 пружинами 28 отталкивается влево от крышки 4. За счет этого кулачок 5 скользит по клину 17, положение которого предварительно отрегулировано выверкой опорной планки 6. за счет этого

заготовка зажимается. При подаче давления поршень 7 поджимает внутреннюю плиту 3, сжимая пружины 28. Кулачок 5 скользит по клину 17 и пружиной 18 поднимается вверх, освобождая заготовку.

### 3.2. Расчет и проектирование режущего инструмента

Необходимо рассчитать и спроектировать фасонную дисковую фрезу для 010 операции для обработки витков червяка [2, 16].

#### 3.2.1. Сбор исходных данных

На операции 60 фрезерной обрабатывается витки червяка модулем 5 мм токарно-фрезерном центре.

#### 3.2.2. Расчет режущего инструмента

Для обработки витков рассчитаем фасонную дисковую сборную фразу с пластинами T15K6.

Расчет ведем по [5].

- 1) Определяем диаметр фрезы: Диаметр фрезы принимаем равным  $d_a=90h8$  мм.
- 2) Число зубьев фрезы принимаем  $Z=10$ .

#### 3.2.3. Проектирование режущего инструмента

Фрезу проектируем в соответствии с указаниями [12].

- 1) Передний угол:  $\gamma = 0^\circ$  - для углеродной стали с  $\sigma_B < 750 \text{ МПа}$ .
- 2) Общая ширина фрезы  $L = 70 \text{ мм}$
- 3) Длина режущей части:  $\ell = 16 \text{ мм}$  - по глубине пазов
- 4) Посадочное отверстие:  $D = 56H7 \text{ мм}$ .
- 5) Торцовое биение зубьев 0,04 мм.
- 6) Радиальное биение зубьев 0,03 мм.

В разделе спроектированы приспособление и режущий инструмент.

Они обеспечивают на токарной операции при обработке червяка необходимую точность, качество. При этом за счет устранения

вспомогательного времени на транспортировку заготовок между станками (все лезвийные переходы выполняются на токарном центре), на вспомогательные переходы по установке или снятию заготовки производительность растет.

Все виды конструктивные патрона и фрезы показаны на листах.

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

№ п/п	Технически й и/или технологический процесс	Операция технологического процесса и/или вид предлагаемых работ	Должность работающего, который будет выполнять предлагаемый технологический процесс и/или операцию	Технологическое оборудование и/или техническое приспособление, устройство	Используемые материалы и/или вещества
1.	Штамповка	Заготовительная	Штамповщик	ГКШП	Сталь 30ХГН
2.	Фрезерование шпоночное и фасонное, все точение	Токарная	Станочник на специальных станках	Токарно-фрезерный станок Victor VTplus-15\20	Сталь 30ХГН Технолог. среды (СОЖ, смазка)

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Определение рисков

№п/п	Производственная операция, технологическая операция и/или эксплуатационная операция, технологическая операция; вид предлагаемых работ	Производственный вредный и/или опасный фактор	Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора
1	2	3	4

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
1	Заготовительная - прессование	Высокие температуры	Пресс с оснасткой
2	Токарная комплексная	Нагрев зоны резания- инструмента- заготовки; Вращающаяся заготовки и инструмент; неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; Испарения токсичные от СОЖ; Напряжение в цепи	Станок, зона резания

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно- технические методы частичного снижения,	СИЗ работающего
1	2	3	4

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
		полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	
1	Высокие температуры	Обеспечить охлаждение станков; Обеспечить подачу СОЖ; Оградить опасную зону.	Перчатки
2	Вращающаяся заготовки и инструмент	Экраны на станке	
3	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Предупреждения	Перчатки с полимерным покрытием
4	Испарения от СОЖ	Вентиляция	
5	Напряжение цепи	Заземлить правильно станок	

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

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производст венный участок и/или	Используемо е оборудовани е	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующи е проявляющи еся факторы
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
	производственное подразделение				при пожаре
1	Участок механической обработки	Токарный станок Victor VTplus-15\20	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос электрического напряжения на элементы технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества



Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматической пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОВП-8 (з) – А В (Н, С), ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы ОВП-40 (з)	Системы пенного пожаротушения Пенная система тушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противодымные, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры ЦП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
1	2	3
Токарная комплексная	<p>Хранение ветоши в негоряемых ящиках;</p> <p>Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков</p> <p>Общее руководство и контроль за состоянием пожарной безопасности на предприятии.</p>	<p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструкции в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ</p> <p>При эксплуатации эвакуационных путей и выходов должно быть обеспечено соблюдение проектных решений</p>

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название	Структурные	Экологическ	Экологическое	Экологическое
технического о объекте и/или производств енного техпроцесса	элементы технического объекта и/или производственног о техпроцесса (производственног о сооружения или производственног о здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	ое негативное воздействие рассматривае мого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	негативное воздействие рассматриваемог о технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Токарная комплексн ая	Токарный станок Victor VTplus-15\20	Пыль металличес кая, токсичные испарения	Взвешенные вещества и нефтепродукт ы Охлаждающи е среды - СОЖ	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах промасленная ветошь стружка,

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Токарная - комплексная
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтрация - насадочный скруббер
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Локальная очистка
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделка, сортировка

#### 4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

Разработаны меры и средства по снижению вредных воздействий на человека и биосферу в технологическом процессе изготовления червяка. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности.

## 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

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

В предыдущих разделах был описан технологический процесс изготовления червяка, который имеет ряд недостатков и которые можно устранить путем его совершенствования. Чтобы иметь четкое представление об обоснованности этого совершенствования необходимо провести экономическое сравнение рассматриваемых вариантов технологии.

Для этого представим краткое описание существующего и предлагаемого технологического процесса в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления червяка

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
<p align="center"><u>Операция – Токарная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3.  <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый и центр вращающийся.  <u>Инструмент</u> – резец контурный, Т5К10  <math>T_O = 2,5 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 4,8 \text{ мин}</math></p>	<p align="center"><u>Операция – Токарная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – токарный центр станок Victor VTplus-15\20.  <u>Оснастка</u> – 3-хкулачковый патрон и центр вращающийся.  <u>Инструменты</u>: резец контурный, Т5К10 – <math>T_O = 2,13 \text{ мин.}</math>; фреза концевая, Р6М5 – <math>T_O = 0,3 \text{ мин.}</math>; фреза дисковая, Р6М5 – <math>T_O = 0,54 \text{ мин.}</math>   <math>T_{ШТ-К} = 5,27 \text{ мин}</math></p>
<p align="center"><u>Операция – Фрезерная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Вертикально-фрезерный станок, модель 6Р11.  <u>Оснастка</u> – тиски.  <u>Инструмент</u> – фреза концевая, Р6М5  <math>T_O = 0,3 \text{ мин}; T_{ШТ-К} = 2,8 \text{ мин}</math></p>	

Продолжение таблица 5.1

1	2
<p align="center"><u>Операция – Фрезерная</u></p> <p><u>Оборудование</u> – Червячно-фрезерный станок, модель 542.</p> <p><u>Оснастка</u> – 3-хкулачковый патрон, центр вращающийся.</p> <p><u>Инструмент</u> – фреза дисковая, Р6М5</p> <p><math>T_O = 0,54 \text{ мин}; T_{шт-к} = 3,3 \text{ мин}</math></p>	

Кроме описанных условий нам понадобится информация о заготовке и ее материале. Изделия выполнено из легированной стали 30ХГН с массой детали 4,2 кг и массой заготовки 5,3 кг, поэтому методом получения заготовки является штамповка.

Также, важное значение, для экономического обоснования, имеет программа выпуска, которая составляет 1300 штук.

Используя исходные данные и, применяя методику расчета капитальных вложений [ 10], определим величину инвестиций в проектируемый вариант. Величина необходимых для осуществления предлагаемых внедрений составит 260148,36 руб. Указанная сумма будет израсходована на приобретение оборудования, с учетом его коэффициента загрузки данной деталью – 0,024, затраты на проектирование, затраты на демонтаж и выручку от реализации, затраты на инструмент и величину незавершенного производства, образующего в результате использования оборудования с ЧПУ.

Используя методику определения себестоимости и калькуляции себестоимости [10] были получены значения полной себестоимости изделия до и после внедрения совершенствований, которые составили 156,56 руб. и 80,31 руб., соответственно.

Для более наглядного представления изменений по структуре полной себестоимости, представим ее диаграмму по статьям расходов, для рассматриваемых вариантов (рисунок 5.1).

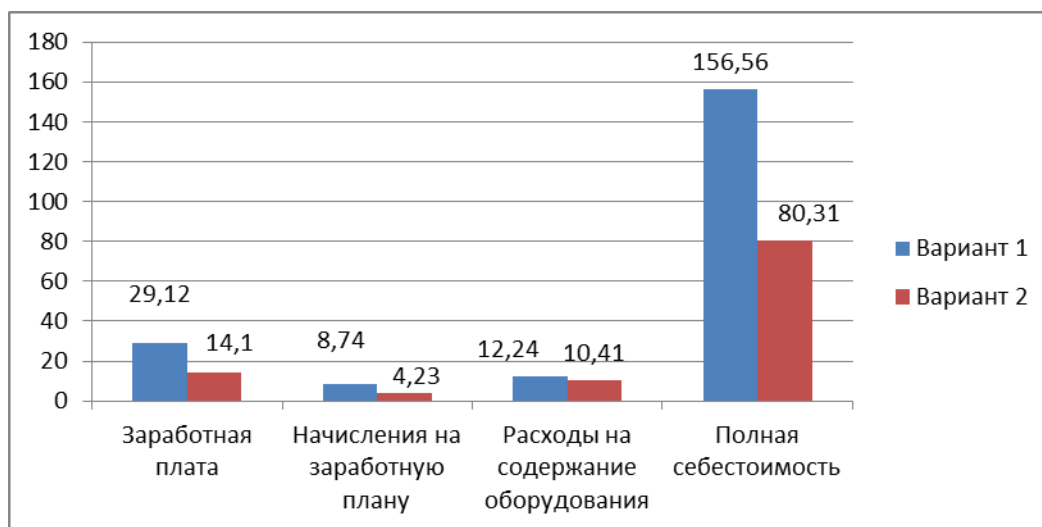


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости и величина полной себестоимости, руб.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод о снижении величины полной себестоимости, что является положительным моментом для внедрения предложенного технологического процесса. Однако, чтобы окончательно убедиться в целесообразности его внедрения, необходимо провести расчеты, связанные с экономическим обоснованием данного внедрения.

Чтобы провести экономическое обоснование воспользуемся всеми полученными значениями, представленными ранее, а также методикой расчета экономической эффективности внедряемого проекта [10]. Согласно которой мы можем рассчитать целый ряд значений, необходимых нам для формирования соответствующего вывода о необходимости внедрения нового процесса. Все значения, которые получены, при использовании описанной методике, представлены в таблице 5.2.

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2., можно сделать заключение о том, что внедрение предложенных изменений в



технологический процесс будет эффективным. Об этом свидетельствуют значения, полученные расчетным путем. А именно, положительная величина интегрального экономического эффекта равна 40398,64 руб. Кроме того, проект окупиться не более 4-х лет, что для инвестиций в машиностроительное производства является хорошим показателем. И наконец, индекс доходности (ИД) составляет 1,16 руб./руб., это говорит о том, что каждый вложенный рубль в этот проект принесет возврат вложенных средств и дополнительную прибыль. Все вышеперечисленные значения дают нам право сделать заключение об эффективности предложенных изменений.

Таблица 5.2 – Результаты расчетов показателей эффективности

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Вариант 1	Вариант 2
1	Капитальные вложения в проект (инвестиции)	$K_{ВВ.ПР}$ , руб.	–	260148,36
2	Себестоимость единицы изделия	$C_{ПОЛН}$ , руб.	156,56	80,31
3	Чистая прибыль	$P_{ЧИСТ}$ , руб.	79300	
4	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ОК}$ , лет	4	
5	Общий дисконтированный доход	$D_{ОБЩ.ДИСК}$ , руб.	300547	
6	Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход)	$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД$ , руб.	40398,64	
7	Индекс доходности	$ИД$ , руб. / руб.	1,16	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технологическом процессе изготовления вала червяка на операциях лезвийной обработки предлагается использовать токарно-фрезерный центр. Для облегчения проектирования деталей типа червяк, ступенчатый вал и другие детали, имеющие однотипные наборы поверхностей (шейка-буртик, резьбовой участок с канавкой под выход инструмента и т.д.) предлагается использовать модульный принцип проектирования. Для этого у детали представителя – червяка классифицированы по конструктивно-эксплуатационным показателям поверхности и разработаны операции по их обработке. Для других деталей с такими модулями поверхностей с однотипными техническими требованиями спроектированный маршрут обработки с оснащением можно использовать для компоновки общего техпроцесса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справочник / В.Е. Антонюк. – МН: Беларусь, 1991, 400 с.
2. Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами: учебное пособие/ Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. — Электрон.дан. — Тюмень :ТюмГНГУ, 2013.
3. Проектирование технологической оснастки в машиностроении /О. И. Тарабарин. - Санкт-Петербург:Лань, 2013. - 304 с.
4. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
6. Блюменштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки/В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. СПб.:Лань, 2014. - 224 с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
8. Суслов, А. Г. Технология машиностроения/А. Г. Суслов. - М.: Машиностроение, 2007. - 429 с.
9. Ермолаев, В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.
10. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11. Инструментальные материалы: учеб.пособие/Г. А. Воробьева [и др.]. – Санкт - Петербург : Политехника, 2016. - 267 с.
12. Инженерные основы современных технологий/Ю. М. Передрей [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 199 с.
13. Технология машиностроения: в 2 т. Кн.1. Основы технологии машиностроения/Э. Л. Жуков [и др.] - М.: Высш. шк., 2005. - 278 с.
14. Маслов, А. Р. Инструментальные системы машиностроительных производств : учеб.для вузов / А. Р. Маслов. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2006. - 335 с.
15. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
16. Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика./ И.А. Ординарцев [и др.] – Л.: Машиностроение, 1987. – 846с.
17. Проектирование технологической оснастки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 224 с.
18. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 320 с.
19. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
20. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с
21. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие/М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. - Минск: Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.

22. Технологическая оснастка : вопросы и ответы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. - Москва : Машиностроение, 2007. - 304 с.

23. Технологическая оснастка [Электронный ресурс] : станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 345 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
А2	17.БР.ОТМП.99.75.000.СБ						
				<u>Документация</u>			
				<u>Детали</u>			
1	17.БР.ОТМП.99.75.001.			Корпус	1		
5	17.БР.ОТМП.99.70.005			Винт	20		
2	17.БР.ОТМП.99.75.002			Пластина черновая	10		
3	17.БР.ОТМП.99.75.003.			Пластина чистовая	10		
4	17.БР.ОТМП.99.75.004.			Крышка	2		
				17.БР.ОТМП.99.75.000.СП			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
Разраб.	Битусов						
Проб.	Расторгуев						
И.контр.	Виткалов						
Утв.	Логинов						
Фреза дисковая					Лист	Лист	Листов
							1
					МСБЗ-1202		
Копировал					Формат А4		

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			17.БР.ОТМП.99.65.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
<i>Детали</i>							
		1	17.БР.ОТМП.99.65.001	Корпус	1		
		2	17.БР.ОТМП.99.65.002	Плита	1		
		3	17.БР.ОТМП.99.65.003	Вставка подвижная	1		
		4	17.БР.ОТМП.99.65.004	Корпус	1		
		5	17.БР.ОТМП.99.65.005	Кулачок	2		
		6	17.БР.ОТМП.99.65.006	Опора регулируемая	2		
		7	17.БР.ОТМП.99.65.007	Шток-поршень	1		
		8	17.БР.ОТМП.99.65.008	Кольцо уплотнительное	1		
		9	17.БР.ОТМП.99.65.009	Вставка	2		
		10	17.БР.ОТМП.99.65.010	Пластина опорная	2		
		11	17.БР.ОТМП.99.65.011	Штифт	2		
		12	17.БР.ОТМП.99.65.012	Винт регулировочный	2		
		3	17.БР.ОТМП.99.65.003	Винт	8		
		14	17.БР.ОТМП.99.65.014	Штифт	2		
		15	17.БР.ОТМП.99.65.015	Манжета	1		
		16	17.БР.ОТМП.99.65.016	Винт	2		
		17	17.БР.ОТМП.99.65.017	Опора вставка	2		
		18	17.БР.ОТМП.99.65.018	Ось	2		
		19	17.БР.ОТМП.99.65.019	Пружина	2		
		20	17.БР.ОТМП.99.65.020	Ось	2		
			17.БР.ОТМП.99.65.000.СП				
Изм.		Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		
Разраб.		Буцусов					
Проб.		Расторгуев					
Н.контр.		Виткалов					
Утв.		Логинов					
Патрон поводковый				Лист		Лист	
				1		2	
МСБЗ-1202							
Копировал						Формат А4	











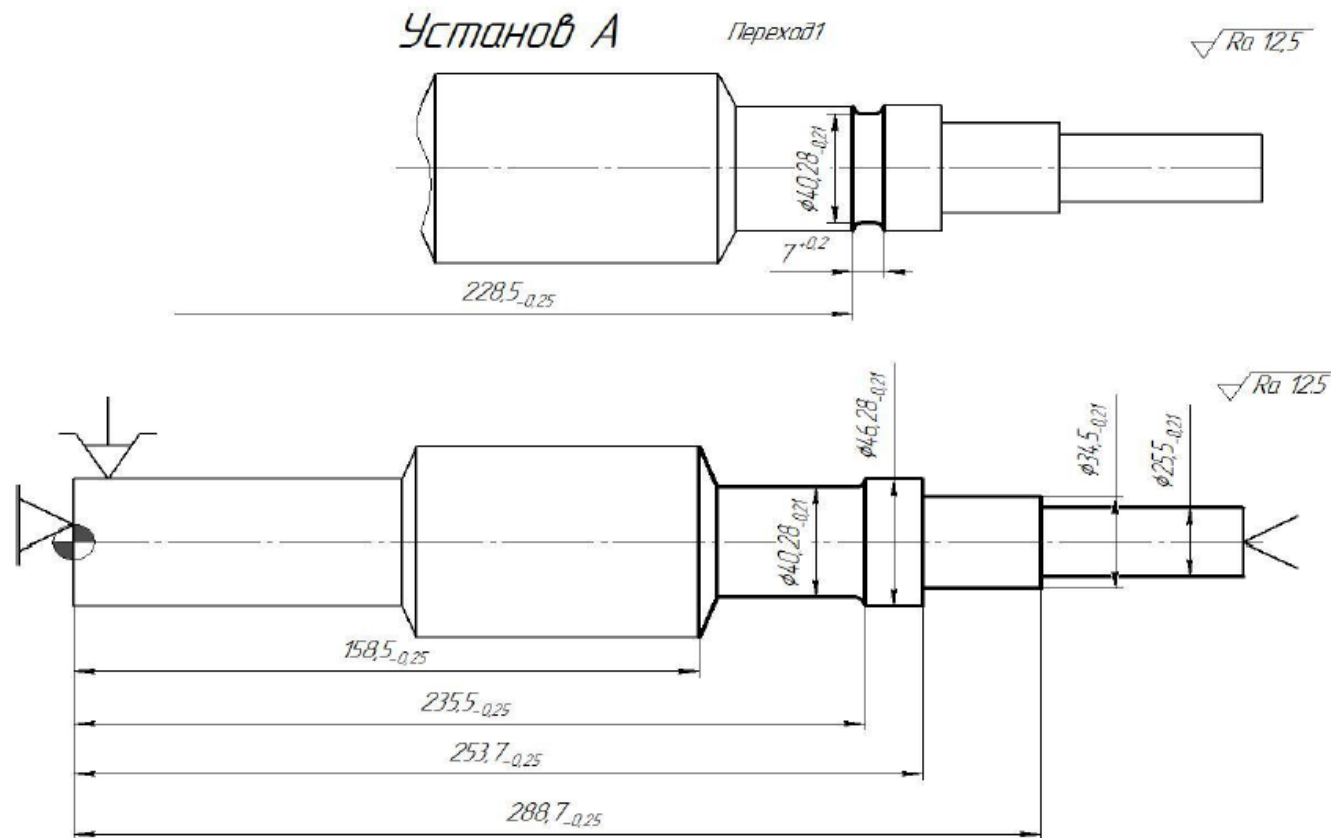


Дубл.			
Взам.			
Людл.			

3

Червяк

015



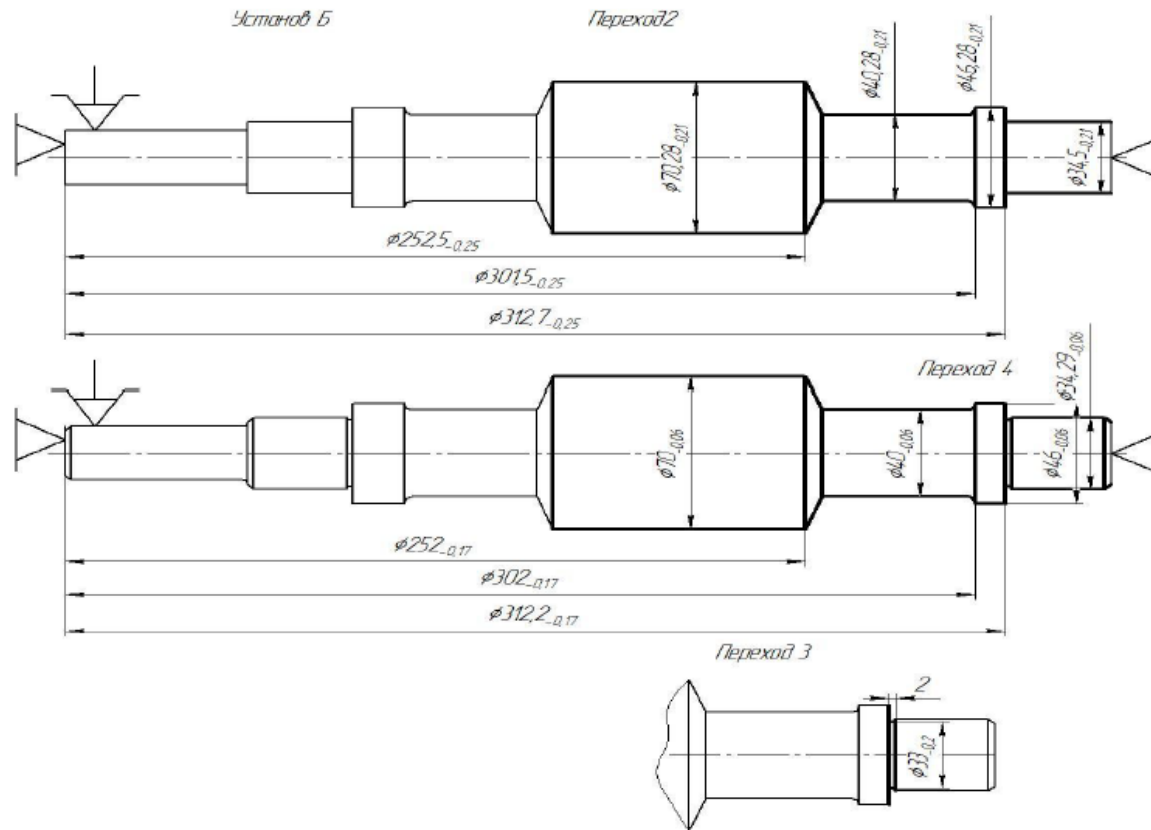
КЭ

Карта эскизов

6

Дубл.			
Взам.			
Гюпл.			

												4
Червяк												015

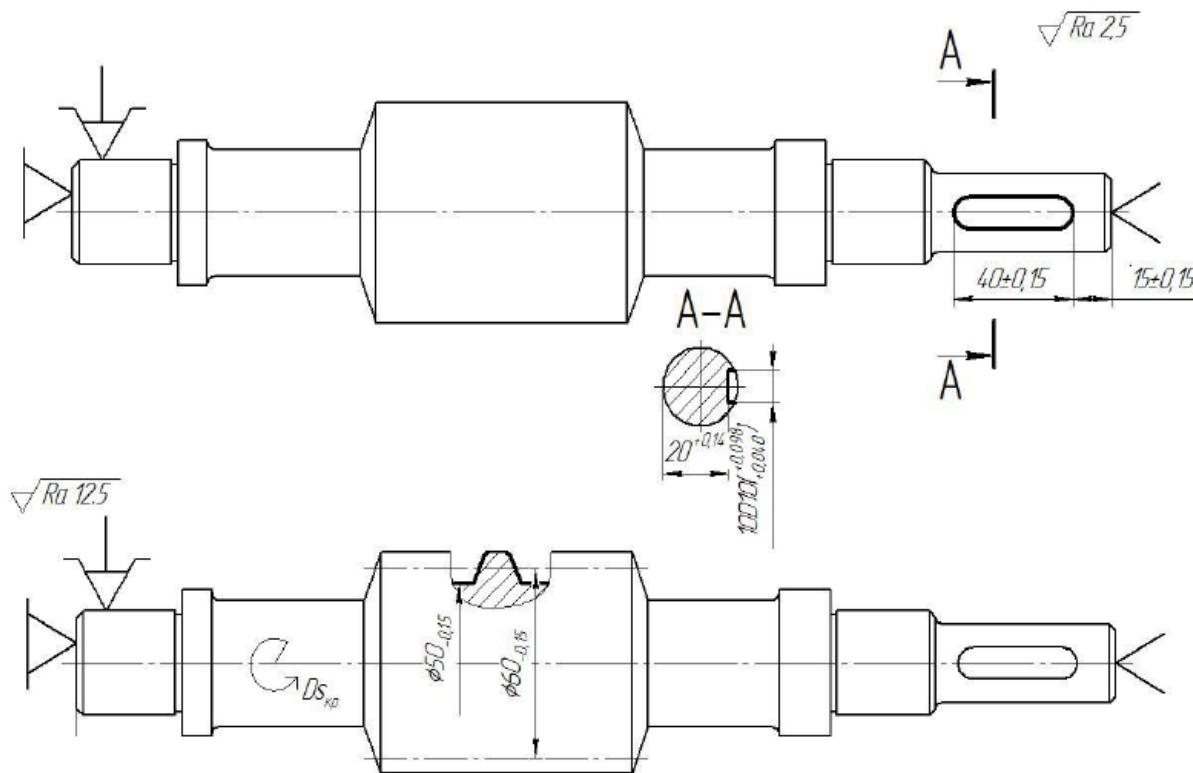


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

5

Червяк

015



КЭ

Карта эскизов

8