

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)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода автоматической линии

Студент(ка)

Дубовсков Р.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Логинов Н.Ю.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Степаненко А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Н.Ю. Логинов

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	32
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	36
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	40
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	53
ПРИЛОЖЕНИЯ	56

## АННОТАЦИЯ

В работе выполнен технологический процесс изготовления вала-шестерни привода автоматической линии. Выполнено обоснование выбора метода получения и спроектирована заготовка. Разработанная технология оснащена современными технологическими средствами. Спроектирован режущий инструмент на одну из операций технологического процесса.

Графическая часть работы состоит из 7 листов формата А1, пояснительная записка содержит 55 страниц.

## ВВЕДЕНИЕ

Проектирование станков, машин-автоматов и автоматических линий представляет собой процесс синтеза структурных схем и их конструктивной реализации. Решение задач синтеза сводится к подбору по заданным техническим условиям структуры изменяемой части системы, функциональных зависимостей, например, моментов инерции звеньев, жесткости упругих элементов, демпфирования и так далее. Поиск оптимального решения такой многовариантной задачи может быть значительно облегчен с применением компьютерных программ.

С увеличением объема автоматизации увеличивается совокупность автоматизированных операций в общем объеме расчетно-конструкторских работ, а с повышением уровня автоматизации увеличивается количество применяемых алгоритмов и технических средств.

Основной задачей формализации и алгоритмизации при проектировании станочных приводов является разработка методов, алгоритмов и программ различных этапов проектных и расчетно-конструкторских работ. Необходимо уметь отыскивать допустимые значения тех параметров машинных агрегатов, станочных приводов, которые дают оптимальные или приближенно-оптимальные значения целевой функции. Целевой функцией может служить себестоимость, экономичность, производительность, нагруженность, быстродействие и другие характеристики конструкции. Назначение алгоритмов оптимизации – отбрасывание многих заведомо худших вариантов.

Целью настоящей работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода автоматической линии заданного качества с наименьшей себестоимостью.

# 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В разделе «Описание исходных данных» приводятся сведения о назначении детали, описываются условия работы, проводится классификация поверхностей детали, чтобы выявить их назначение. Далее проводится анализ материала детали и описывается соответствие базового материала требованиям, предъявляемым условиями работы детали в узле или механизме. В заключении этого раздела проводится постановка задач работы для достижения поставленной ранее цели.

## 1.1 Назначение и условия работы детали.

Вал-шестерня предназначена для восприятия и передачи крутящего момента в механизме автоматической линии. Условия работы детали переменного нагружения.

## 1.2 Классификация поверхностей детали.

Целью классификации поверхностей детали является выявление наиболее ответственных из них. Для этого пронумеруем поверхности и представим это на рис. 1.1.

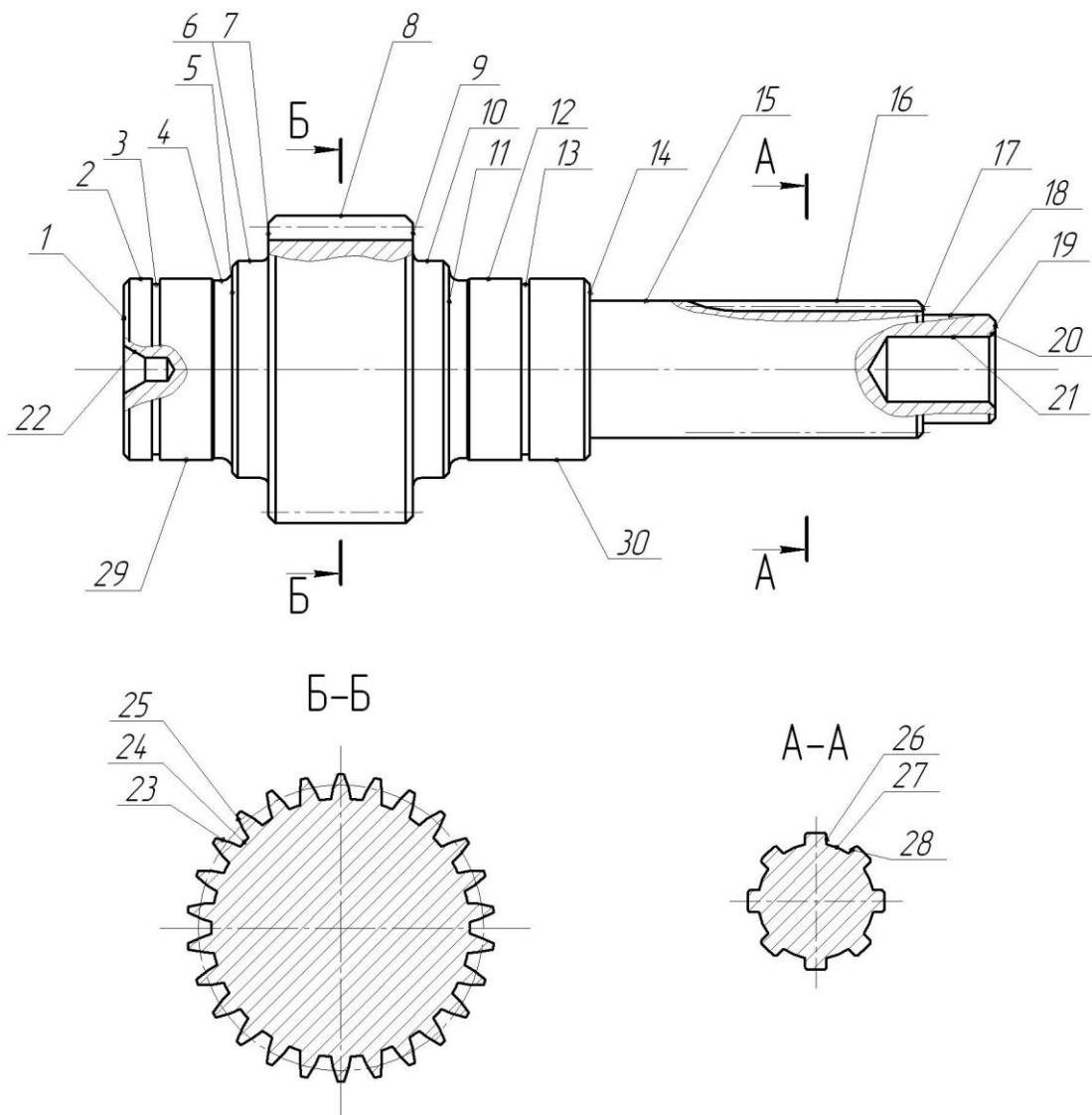


Рис. 1.1. Классификация поверхностей делали

Результаты классификации занесем в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
ИП	25, 26, 23, 28
ОКБ	12, 11, 29
ВУБ	14, 11
СП	остальные

В нашем случае исполнительными поверхностями являются боковые поверхности зубчатого венца (23, 25) и боковые поверхности шлицевого венца (26, 28).

Основными конструкторскими являются торец 11 и цилиндрические поверхности под подшипники (12, 29).

Вспомогательными конструкторскими базами являются цилиндрические поверхности под кольца 3 и 13.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Пользуясь [1] рассмотрим химический состав и физико-механические свойства материала нашей детали. Данные сведем в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 40Х ГОСТ 4543-71

Химический элемент	Содержание
C (углерод)	0,36...0,44 %
Mn (марганец)	0,5...0,8 %
Si (кремний)	0,17...0,37 %
S (сера)	до 0,035 %
Ni (никель)	до 0,3 %
P (фосфор)	до 0,035 %
Cr (хром)	0,8...1,1 %
Cu (медь)	до 0,3 %
Fe (железо)	остальное

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 40Х

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ<
785	980	10	45	217

Химический состав и механические свойства материала позволяют обеспечить нормальную функцию детали в узле. Материал является недефицитным.

Заготовку можно получить или методом проката, или штамповкой на горизонтально-ковочной машине. В этих случаях конфигурация заготовки достаточно элементарна.

Конструкция детали в целом обеспечивает доступность инструмента к обрабатываемым поверхностям при всяком виде мехобработки. Это позволяет нам использовать в основном стандартный, а иногда унифицированный тип инструментов.

Также форма расположения поверхностей детали обеспечивает свободную доступность к обрабатываемым поверхностям инструментов для контроля.

В результате проведения анализа можно сделать вывод о достаточной технологичности детали.

#### 1.4 Формулировка задач работы.

На базе анализа технических требований к детали сформулируем последующие задачи работы, которые необходимо решить для достижения цели работы, сформулированной во введении – разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни привода автоматической линии заданного качества с минимальной себестоимостью, согласно современного состояния науки и техники: определим тип машиностроительного производства; выработаем стратегию проектирования технологического процесса; выполним технико-экономический расчет метода получения заготовки; разработаем технологический план обработки детали, разработав схемы базирования; выберем средства технологического оснащения на каждую операцию техпроцесса; рассчитаем на одну поверхность припуски по операциям техпроцесса, а на остальные – назначим табличным способом; рассчитаем режимы резания и определим содержание операций, спроектируем наладки; на одну из операций техпроцесса спроектируем режущий инструмент; для одной из операций спроектируем станочное приспособление.



## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1 Определение типа производства.

Стратегия разработки технологического процесса зависит от типа производства, который при прочих неизвестных условиях зависит от массы детали и объема выпуска деталей в год. В нашем случае при  $m = 3,8$  кг и  $N_r = 5000$  деталей в год выберем тип производства по таблице. [2]

Исходя из того, что годовой объем выпуска равен  $N_r = 5000$  деталей в год, а масса детали  $m = 3,8$  кг, то тип производства определяется как среднесерийное.

### 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

Для среднесерийного типа производства принимаем такую стратегию разработки техпроцесса, чтобы обеспечить заданный выпуск деталей с требуемым качеством и наименьшими затратами.

Руководствуясь [3], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса: заготовка – прокат или штамповка на ГКМ; повторяемость изделий – периодическая повторяемость партий; форма организации техпроцесса – переменнo-поточная; припуск на обработку – незначительный; оборудование – специализированное с ЧПУ или универсальное; расчет припусков – подробный по переходам.

Остальные параметры разработки техпроцесса берем по [3].

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Тип детали, ее материал и форма определяют метод получения заготовки. Данный тип заготовки рациональным способом можно получить прокатом или штамповкой. Оба способа позволяют получить заготовку необходимого качества.

Проведем технико-экономический анализ получения заготовки для заданной детали прокатом и штамповкой. [4]

Первым методом при сравнении наиболее подходящих по технико-экономическим показателем принимаем штамповку. Класс сложности штамповки выбираем 3. Принимаем класс точности штамповки 3. При таком методе заготовительного производства определим массу методом трехмерного моделирования в программе КОМПАС-3D. В результате моделирования определили массу штамповки  $m = 5,3$  кг. Принимаем стоимость одного килограмма штамповок  $C_{зар} = 0,316$  руб.; стоимость одного килограмма стружки  $C_{отх} = 0,0143$  руб.

Вторым методом при сравнении наиболее подходящих по технико-экономическим показателем принимаем прокат, размером 246xØ90 мм. При этом методе заготовительного производства также будем определять массу методом трехмерного моделирования в программе КОМПАС-3D. В результате моделирования определили массу проката  $m = 12,2$  кг. Принимаем стоимость одного килограмма проката  $C_{зар} = 0,116$  руб.; стоимость одного килограмма стружки  $C_{отх} = 0,0143$  руб.

Массу детали из чертежа принимаем  $m = 3,8$  кг.

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [4].

$$C_{мех} = C_c + E_H \cdot C_K, \quad (2.1)$$

где  $C_c = 0,495$  руб/кг;  $E_H = 0,15$ ;  $C_K = 1,085$  руб/кг. [4].

Далее по формуле (2.1) имеем:

$$C_{мех} = 0,505 + 0,15 \cdot 1,115 = 0,6723 \text{ руб/кг.}$$

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки с заготовки, полученной штамповкой [3].

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где  $C_{шт} = 0,315$  руб;  $k_T = 0,9$ ;  $k_c = 0,84$ ;  $k_b = 1,14$ ;  $k_M = 1,0$ ;  $k_n = 1,0$ . [4]

Тогда по формуле (2.2) имеем:

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из штамповки [4].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (2.3)$$

где  $Q_{шт} = 5,3 \text{ кг}$ ;  $q = 3,8 \text{ кг}$ ;  $C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг}$ . [4]

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 5,3 + 0,6723(5,3 - 3,8) - 0,0144(5,3 - 3,8) = 2,4258 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из проката [4].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (2.4)$$

где  $Q_{пр} = 12,2 \text{ кг}$ .

Исходя из зависимости (2.4) имеем:

$$C_{ми} = 0,2219 \cdot 12,2 + 0,6723(12,2 - 3,8) - 0,0144(12,2 - 3,8) = 8,2335 \text{ руб.}$$

Следовательно, по себестоимости изготовления заготовки более экономичным является метод штамповки.

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\mathcal{E}_z = C_{пр} - C_{шт} N_z = 8,2335 - 2,4258 \cdot 3000 = 29038,5 \text{ руб.}$$

## 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В зависимости от необходимого качества обработки поверхностей, которое в свою очередь определяется качеством точности IT и шероховатостью Ra, определим методы обработки поверхностей и сведем их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1, 21	14	6,3	Центровально-подрезная
2	9	6,3	Точение черновое, Точение чистовое
3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 19, 30	14	6,3	Точение черновое, Точение чистовое
8	10	3,2	Токарная черновая, Токарная чистовая

Продолжение табл. 2.2

12, 29	6	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Круглошлифовальная черновая, Круглошлифовальная чистовая
16	7	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Круглошлифовальная черновая, Круглошлифовальная чистовая
18	6	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Круглошлифовальная
20, 22	9	1,6	Центровально-подрезная
23, 25	7	1,6	Зубофрезерная, Зубошлифовальная
24	14	6,3	Зубофрезерная
26, 28	9	3,2	Шлицефрезерная
27	12	6,3	Шлицефрезерная

2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Операция	Перечень обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
00	Заготовительная	Все	16	40
05	Центровально-подрезная	22, 20	11	3,2
		2, 19, 1	14	6,3
10	Токарная черновая с ЧПУ	12, 16,17	12	12,5
		14, 15, 9-11, 18	14	
15	Токарная черновая с ЧПУ	2	12	12,5
		5-8	14	
20	Токарная чистовая с ЧПУ	16, 30	9	3,2

Продолжение табл. 2.3

		9-15, 17, 18	14	6,3
25	Токарная чистовая с ЧПУ	8	10	6,3
		2, 3, 5-7	14	6,3
		29	9	3,2
30	Шлицефрезерная	26, 28	9	3,2
		27	12	6,3
35	Зубофрезерная с ЧПУ	23, 25	9	3,2
		24	14	6,3
45	Центрошлифовальная	22, 20	7	0,8
50	Торцекруглошлифовальная с ЧПУ	11	14	1,6
		12, 18, 16	8	
55	Круглошлифовальная с ЧПУ	29	8	1,6
60	Зубошлифовальная	23, 25	8	1,6
65	Круглошлифовальная с ЧПУ	12, 18, 16	6	0,8
70	Круглошлифовальная с ЧПУ	29	6	0,8

## 2.6 Определение припусков.

В этом разделе определяем припуск на поверхность  $\varnothing 50k6^{(+0,018}_{+0,002)}$  расчетно-аналитическим методом. [5]

Исходные данные:

$$D = 50k^{(+0,018}_{+0,002}); L = 14,5 \text{ мм}; Ra = 0,8 \text{ мкм}.$$

На обработку данной поверхности назначаем технологические переходы: черновое точение; чистовое точение; закалка (ТО); черновое шлифование; чистовое шлифование.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o.$$

Определим суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе из зависимости  $\Delta = 0,25 \cdot Td$ :

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,20 = 0,550, \text{ мм} .$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063, \text{ мм} .$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016, \text{ мм} .$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм} .$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010, \text{ мм} .$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004, \text{ мм} .$$

Определяем установочную погрешность заготовки в приспособлении  $\varepsilon$  для каждого технологического перехода. В нашем случае до ТО заготовка базируется в трехкулачковом патроне.

Определяем значения припусков для каждого технологического перехода, кроме О и ТО.

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} .$$

Минимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,550^2 + 0,025^2} = 0,951, \text{ мм} .$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263, \text{ мм} .$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125, \text{ мм} .$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060, \text{ мм} .$$

Максимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(d_{i-1} + Td_i) .$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 0,951 + 0,5(2,200 + 0,250) = 2,176, \text{ мм} .$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419, \text{ мм} .$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176, \text{ мм} .$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088, \text{ мм} .$$

$$d_{4\min} = 50,002, \text{ мм} .$$

$$d_{4\max} = 50,018\text{мм}.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 50,018 + 2 \cdot 0,060 = 50,138, \text{мм}.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 50,138 + 0,016 = 50,154, \text{мм}.$$

$$d_{TO} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 50,154 + 2 \cdot 0,125 = 50,404, \text{мм}.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 50,404 + 0,100 = 50,504, \text{мм}.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 50,504 \cdot 0,999 = 50,453, \text{мм}.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + TD_2 = 50,453 + 0,062 = 50,515, \text{мм}.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 50,515 + 2 \cdot 0,263 = 51,041, \text{мм}.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 51,041 + 0,250 = 51,291, \text{мм}.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 51,291 + 2 \cdot 0,951 = 53,193, \text{мм}.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 53,193 + 2,200 = 55,393, \text{мм}.$$

Определим средние значения диаметров на каждый переход

$$d_{cpi} = 0,5 \sqrt{d_{i\max} + d_{i\min}}.$$

$$d_{cp0} = 0,5 \sqrt{d_{0\max} + d_{0\min}} = 0,5(55,393 + 53,193) = 52,293, \text{мм}.$$

$$d_{cp1} = 0,5 \sqrt{d_{1\max} + d_{1\min}} = 0,5(51,291 + 51,041) = 51,166, \text{мм}.$$

$$d_{cp2} = 0,5 \sqrt{d_{2\max} + d_{2\min}} = 0,5(50,515 + 50,453) = 50,484, \text{мм}.$$

$$d_{cpTO} = 0,5 \sqrt{d_{TO\max} + d_{TO\min}} = 0,5(50,504 + 50,404) = 50,454, \text{мм}.$$

$$d_{cp3} = 0,5 \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} = 0,5(50,138 + 50,154) = 50,146, \text{мм}.$$

$$d_{cp4} = 0,5 \sqrt{d_{4\max} + d_{4\min}} = 0,5(50,018 + 50,002) = 50,010, \text{мм}.$$

Определим общий припуск

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4.$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \sqrt{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}.$$

$$2Z_{\min} = 53,193 - 50,018 = 3,175, \text{мм}.$$

$$2Z_{\max} = 3,175 + 2,200 + 0,016 = 5,391, \text{мм}.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,175 + 5,391) = 4,283, \text{ мм.}$$

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

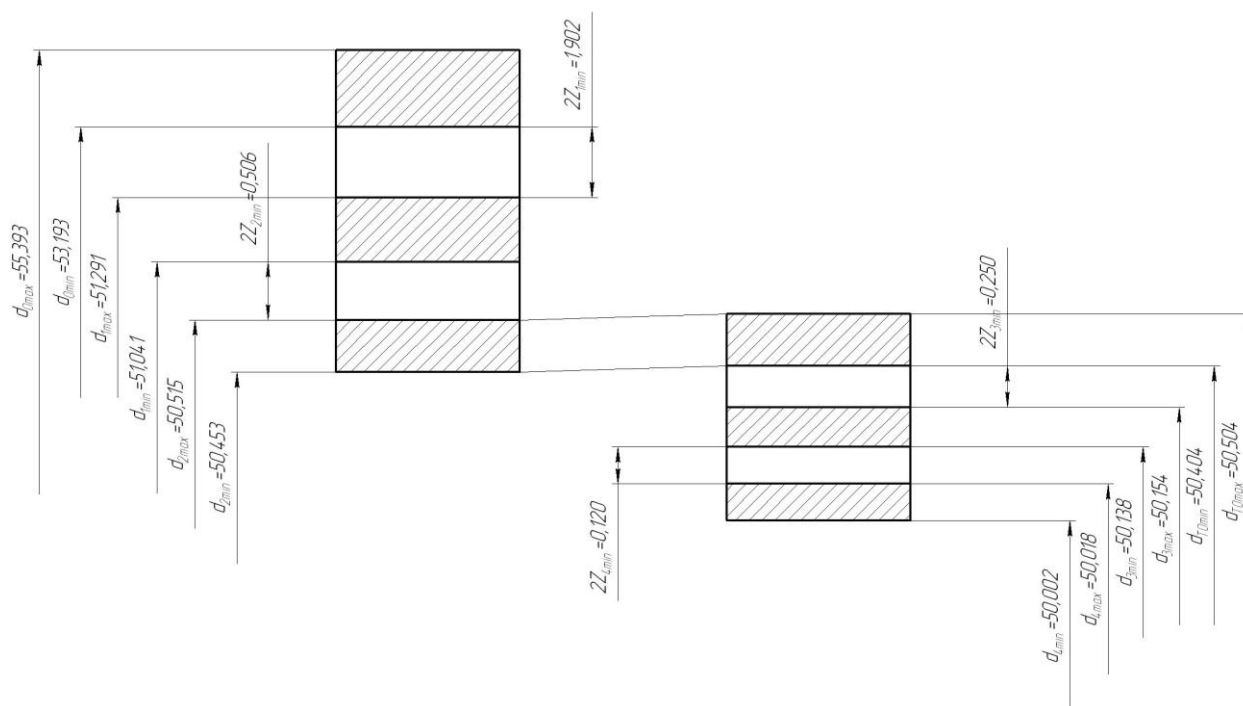


Рис. 2.1. Схема расположения полей допусков и припусков.

## 2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки, выполненной методом штамповки, будем учитывать надлежащие пункты:

- 1) припуски для обработки;
- 2) черновые базы;
- 3) требования, предъявляемые к степени точности;
- 4) уклоны штамповки.

По ГОСТ 7505-89 [6] для нашей заготовки выбираем:

- 1) По [6] принимаем группу стали М2.
- 2) Штамповка на горячековочной машине относится к классу точности

Т4.

- 3) Определим степень сложности:

$$G_{II} = 5,3 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 12,2 \text{ кг.}$$



$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{5,3}{12,2} = 0,43.$$

Степень сложности заготовки-штамповки по данному показателю оцениваем, как С2.

4) Определяем исходный индекс штамповки для необходимости назначения допусковых отклонений, допусков и припусков.

Исходный индекс заготовки по ГОСТ 7505-89 [7] принимаем, как 12.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

Для технологического обеспечения техпроцесса оборудованием преимущественно необходимо применять станки, оснащенные системой числового программного управления.

Для 005 центrovально-подрезной операции выбираем автомат центrovально-подрезной с загрузочным устройством 2А911-1.

Для токарных операций 010, 015, 020 и 025 принимаем токарный станок с числовым программным управлением горизонтальной компоновки с направляющими качения модели СА500СФ3К.

Для операции 030 Фрезерной выбираем шлицефрезерный полуавтомат горизонтальной компоновки с числовым программным управлением модели 5А352ПФ2.

Для операции 035 Зубофрезерной выбираем зубофрезерный станок вертикальной компоновки с числовым программным управлением модели 5320Ф4.

Для 045 Центрошлифовальной операции выбираем станок центрошлифовальный горизонтальной компоновки модели 3К255В.

Для торцекруглошлифовальной операции 050 выбираем станок с двухкоординатной системой числового программного управления CNC модели ХШ4-104Ф20.

Для 055 круглошлифовальной операции выбираем круглошлифовальный прецизионный станок с устройством числового программного управления модели КШ-400.2.

Для 060 зубошлифовальной операции принимаем полуавтомат зубошлифовальный для цилиндрических колес, работающий абразивным червяком, модели 5В833.

Для 065 и 070 круглошлифовальной операции выбираем круглошлифовальный прецизионный станок с устройством числового программного управления модели КШ-400.2.

Так как тип производства у нас среднесерийный, то ему характерен выбор универсальных безналадочных станочных приспособлений общего назначения, универсальный металлорежущий инструмент и универсальные средства контроля. Универсальный мерительный инструмент предназначен для самых разнообразных по размерам и форме деталей. К ним относятся штангенциркули, микрометры, разнообразные калибры, длинномеры, профилометры, профилографы, глубиномеры, индикаторные приспособления и так далее.

Выбранное технологическое оборудование, режущий инструмент, средства контроля и технологическая оснастка представлены в сопроводительной документации к технологическому процессу, находящейся в приложениях.

## 2.9 Расчет режимов резания.

2.9.1 Определим режимы обработки для операции 005 Центровально-подрезной.

Переход 1.

$$L = 30 + 1 + 5,2 = 36,2 \text{ , мм.}$$

Так как коэффициент времени резания  $\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1$ , то  $T_p = 60 \cdot 1 = 60$ ,

мин. [11]

Скорость резания

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $K_1 = 0,75; K_2 = 1,0; K_3 = 0,95$ . [11]

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 21,2} = 160,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 160 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 21,2 \cdot 160}{1000} = 26,6, \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{36,2}{400} = 0,09, \text{ мин.}$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,5 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,3 \text{ мм/об.} [11]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 62} = 924,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 400}{1000} = 70,3 \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{25}{120} = 0,21 \text{ мин.}$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,5\text{мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,3\text{мм/об} . [11]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 ,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0 . [11]$

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 50,5} = 1135,1\text{мин}^{-1} .$$

Из паспорта станка  $n = 400\text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,5 \cdot 400}{1000} = 63,4\text{ м/мин} .$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{20}{120} = 0,17\text{ мин} .$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,09 + 0,21 + 0,17 = 0,47 , \text{ мин} .$$

2.9.2 Определим режимы обработки для операции 010 Токарная черновая.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,5\text{мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,3\text{мм/об} .$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 ,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0 . [11]$

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 87} = 658,9\text{мин}^{-1} .$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 630\text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 87 \cdot 630}{1000} = 172,1\text{ м/мин} .$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{189,5}{189} = 1,00\text{ мин} .$$

2.9.3 Определим режимы обработки для операции 015 Токарная черновая.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,5\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3\text{мм/об}$ . [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 85,3} = 672,0 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85,3 \cdot 630}{1000} = 168,7 \text{ м/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{98}{189} = 0,52 \text{ мин}.$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 020 Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,5\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3\text{мм/об}$ . [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47} = 1219,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1000}{1000} = 147,6 \text{ м/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{300} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [11]}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$\text{где } V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [11]$$

$$\text{Отсюда } V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 49} = 1169,9 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Из паспорта станка } n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49 \cdot 1000}{1000} = 153,9 \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1}{300} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [11]}$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$\text{где } V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. [11]$$

$$\text{Отсюда } V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 85,5} = 670,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Из паспорта станка } n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85,5 \cdot 630}{1000} = 169,1 \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{187}{126} = 1,48 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 1,48 = 1,50, \text{ мин.}$$

2.9.5 Определим режимы обработки для операции 025 Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,5\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3\text{мм/об}$ . [11]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 47} = 1219,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47 \cdot 1000}{1000} = 147,6 \text{ м/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{300} = 0,01 \text{ мин}.$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,2\text{мм/об}$ . [11]

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 49} = 1169,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49 \cdot 1000}{1000} = 153,9 \text{ м/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1}{300} = 0,01 \text{ мин}.$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3\text{мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2\text{мм/об}. \quad [11]$$

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

$$\text{где } V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0. \quad [11]$$

$$\text{Отсюда } V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 85} = 674,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 630}{1000} = 168,1 \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{86}{126} = 0,68, \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,01 + 0,68 = 0,70, \text{ мин.}$$

2.9.6 Определим режимы обработки для операции 030 Шлицефрезерная.

$$L_{p.x.} = L_p + L_{II}, \quad [11]$$

$$\text{где } L_p = 15; L_{II} = 50.$$

$$L_{p.x.} = 15 + 50 + 0 = 65, \text{ мм.}$$

Осевая подача

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1,$$

$$\text{где } S_{0,табл} = 1,9\text{мм/об}; \hat{E}_1 = 1,0. \quad [11]$$

$$S_0 = 1,9 \cdot 1 = 1,9, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$v = v_{табл} \cdot K_2 \cdot K_3,$$

$$\text{где } v_{табл} = 65\text{м/мин}; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. \quad [11]$$

$$v = 65 \cdot 1 \cdot 1 = 65, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 100} = 207, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 200 \text{ мин}^{-1}$ .



$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x.} \cdot z \cdot i}{n \cdot S_0 \cdot z_1}, [11]$$

$$T_0 = \frac{53 \cdot 8 \cdot 1}{200 \cdot 1,9 \cdot 3} = 1,37, \text{ мин.}$$

2.9.7 Определим режимы обработки для операции 035 Зубофрезерная.

$$L_{p.x.} = L_p + L_{II} + L_d, \quad [9]$$

$$L_p = 40 \cdot 1 = 105, \text{ мм.}$$

$$L_{p.x.} = 40 + 15 + 0 = 55, \text{ мм.}$$

Осевая подача

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1,$$

$$\text{где } S_{0,табл} = 2,0 \text{ мм/об}; \hat{E}_1 = 1,0. [11]$$

$$S_0 = 2,0 \cdot 1 = 2,0, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания

$$v = v_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

$$\text{где } v_{табл} = 65 \text{ м/мин}; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [11]$$

$$v = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n=200 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

$$T_0 = \frac{120 \cdot 15}{200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1} = 1,50, \text{ мин.}$$

2.9.8 Определим режимы обработки для операции 045  
Центрошлифовальная.

Диаметр круга – 20,0 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ . [11].

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

2.9.9 Определим режимы обработки для операции 050

Торцевкруглошлифовальная.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 56,8} = 196,2, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ . [11].

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{82}{100} + 0,05 = 0,97, \text{ мин.}$$

### 2.9.10 Определим режимы обработки для операции 055

Круглошлифовальная черновая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50,1} = 222,5, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$$\dot{O}_{\text{АУО}} = 0,05. [11].$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{14,5}{100} + 0,05 = 0,22, \text{ мин.}$$

### 2.9.11 Определим режимы обработки для операции 060

Зубошлифовальная.

Диаметр круга - 100 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$$V_3 = 35 \text{ м/мин} . [11].$$

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 85} = 131,1, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$$T_0 = \frac{8 \cdot 26}{500} + \frac{40 \cdot 26}{100} + 0,05 \cdot 26 = 12,12, \text{ мин}.$$

2.9.12 Определим режимы обработки для операции 065

Круглошлифовальная чистовая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с} . [11]$

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин} . [11].$

$$V_3 = 35 \text{ м/мин} . [11].$$

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 222,9, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{82}{100} + 0,05 = 0,97, \text{ мин}.$$

2.9.13 Определим режимы обработки для операции 070

Круглошлифовальная чистовая.

Диаметр круга - 250 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/с}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 222,9, \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{14,5}{100} + 0,05 = 0,22, \text{ мин}.$$

Полученные данные сведем в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Режимы резания

Операция	t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	V, мм/мин	N, мин <sup>-1</sup>	T <sub>0</sub> , мин
1	2	3	4	5	6
005 Центровально- подрезная					
Переход 1	6,25	0,2	26,6	400	0,09
Переход 2	2,5	0,3	70,3	400	0,21
Переход 3	2,5	0,3	63,4	400	0,47
010 Токарная черновая	2,5	0,3	172,1	630	1,00
015 Токарная черновая	2,5	0,3	168,7	630	0,52
020 Токарная чистовая					
Переход 1	0,5	0,3	147,6	1000	0,01
Переход 2	0,3	0,2	153,9	1000	0,01
Переход 3	0,3	0,2	169,1	630	1,50
025 Токарная чистовая					8

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
Переход 1	0,5	0,3	147,6	1000	0,01
Переход 2	0,3	0,2	153,9	1000	0,01
Переход 3	0,3	0,2	168,1	630	0,06
030 Шлицефрезерная	3	1,9	62,8	200	1,37
035 Зубофрезерная	3,5	2,0	62,8	200	1,50
045 Центрошлифовальная	0,1	0,4 мм/мин	35 м/с		0,12
050 Торцекругло- шлифовальная	0,1	0,4 мм/мин	35 м/с	196,2	0,97
055 Кругло- шлифовальная черновая	0,1	0,4 мм/мин	35 м/с	222,5	0,22
060 Зубошлифовальная	0,1	0,4 мм/мин	35 м/с	131,1	12,12
065 Круглошлифовальная чистовая	0,05	0,4 мм/мин	35 м/с	222,9	0,97
070 Круглошлифовальная чистовая	0,05	0,4 мм/мин	35 м/с	222,9	0,22

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1 Анализ исходных данных.

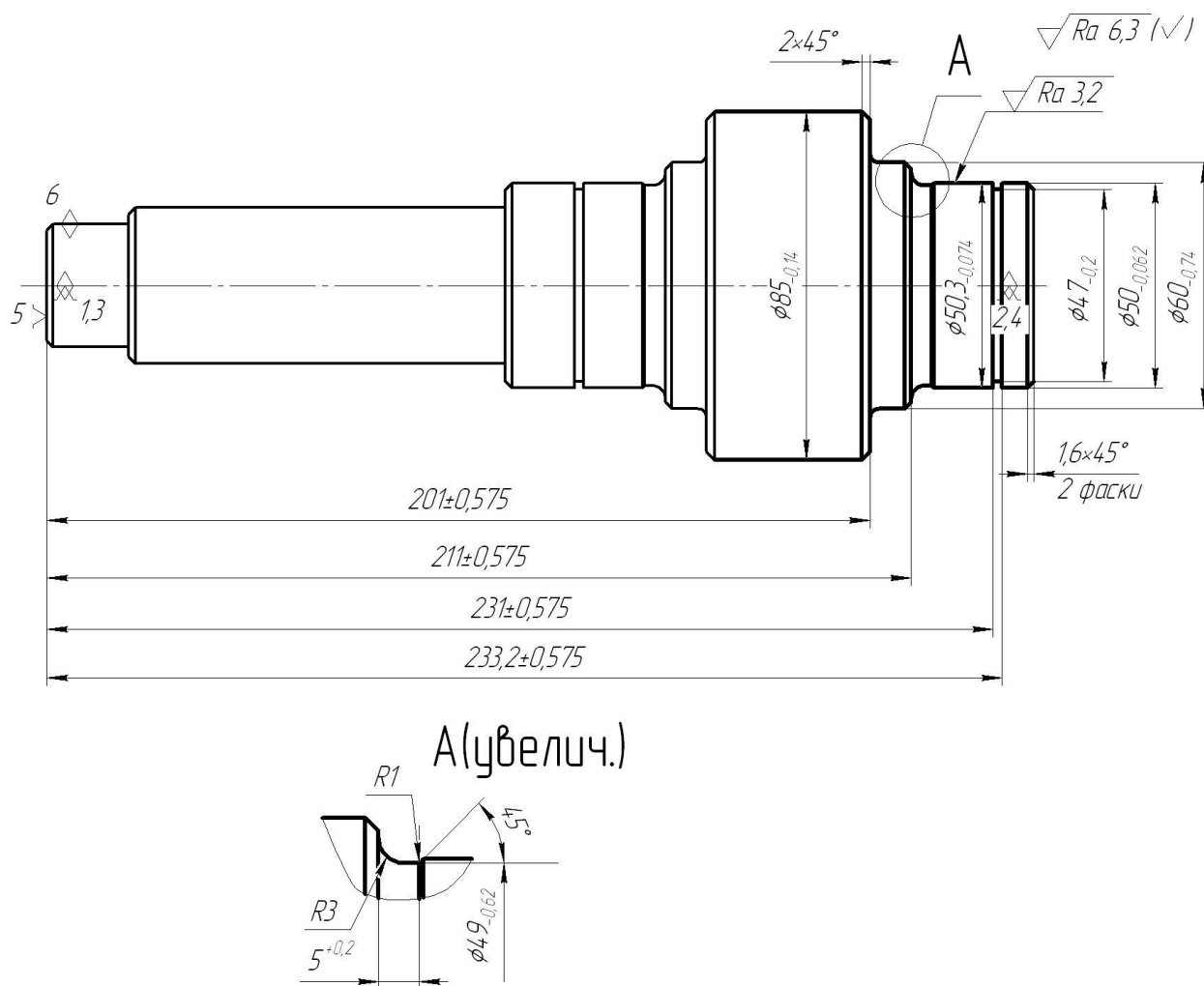


Рис. 3.1. Операционный эскиз

#### 3.2 Определение необходимого усилия зажима.

Для передачи вращательного движения заготовки необходим ее зажим. Исходя из массы груза и условной скорости вращения его центра тяжести определяют центробежную силу:

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R, [H] \quad (3.1)$$

$$P_{ц} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (3.2)$$

где  $R = 0,055m$ . [12]

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.3)$$

где  $n = 630 \text{ мин}^{-1}$ ;

$$v = \omega \cdot R, \quad (3.4)$$

тогда  $\omega = \frac{v}{R}$ .

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 630}{30} = 65,9 \text{ рад/с}.$$

$$P_{\text{ц}} = \frac{3,8 \cdot 65,9^2}{0,055} = 300,01, \text{ Н}.$$

Сила зажима равна:

$$W = P_{\text{ц}} \cdot Z \cdot \cos 30^\circ. \quad [12] \quad (3.5)$$

$$W = 300,01 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = 519,7, \text{ Н}.$$

Для дальнейших расчетов необходимо рассчитать две составляющие силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$ , которые определяются по формуле [12]:

$$P_{z,y} = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.6)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – постоянные коэффициенты для конкретных условий обработки.

$$\text{Для } P_Z : x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15. \quad [12]$$

$$\text{Для } P_Y : x = 0,9; y = 0,6; n = -0,30. \quad [12]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{jp} \cdot K_{np}, \quad (3.7)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{\delta_g}{750} \right)^{0,75}, \quad (3.8)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22,$$

При

$$\varphi = 60^\circ; K_{yp_z} = 0,94; K_{yp_y} = 0,8; \gamma = -3^\circ; K_{\eta_z} = 1,05; K_{\eta_y} = 1,5; \lambda = +0,5^\circ; K_{np_z} = 1,03; K_{np_y} = 1,15$$

$$K_{P_z} = K_{MP} \cdot K_{yp_z} \cdot K_{\eta_z} \cdot K_{np_z} = 1,22 \cdot 0,94 \cdot 1,05 \cdot 1,03 = 1,24.$$

$$K_{P_y} = K_{MP} \cdot K_{yp_y} \cdot K_{\eta_y} \cdot K_{np_y} = 1,22 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,15 = 1,68.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 168,1^{-0,15} \cdot 1,24 = 154,7, \text{ Н}.$$



$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 168,1^{-0,3} \cdot 1,68 = 113,05, \text{ Н.}$$

Крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится повернуть заготовку в кулачках и равен:

$$M_p = \frac{P_z d_1}{2} = \frac{154,7 \cdot 85}{2} = 6574,8, \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M_3 = \frac{T d_2}{2} = \frac{W f d_2}{2}, \quad (3.10)$$

где  $W$  - суммарное зажимное усилие, приходящееся на три кулачка, Н.

$f$  - коэффициент трения, зависящий от состояния рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства  $M_p$  и  $M_3$  рассчитаем необходимое усилие зажима, которое бы препятствовало провороту изделия

$$W^1 = \frac{K M_p}{f d_2} = \frac{K P_z \cdot d_1}{f d_2}, \quad (3.11)$$

Величина коэффициента запаса  $K$ , в зависимости от индивидуальных условий выполнения операции, рассчитывается по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.12)$$

$$K_{P_z} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,8; \quad K_{P_y} = 2,52; \quad f = 0,3.$$

отсюда

$$W_z^1 = \frac{K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{1,8 \cdot 154,7 \cdot 85}{0,3 \cdot 30,3} = 1157,3, \text{ Н.}$$

Сила  $P_y$  выворачивает заготовку из кулачков, создавая момент

$$M_p^{11} = P_y \ell. \quad (3.13)$$

Моменту от силы  $P_y$  противостоит момент от зажимной силы

$$M_3^{11} = T \frac{2}{3} d_2 = \frac{2}{3} W^1 f d_2. \quad (3.14)$$

Определим величина усилия  $W_1$ , которая по сравнению с  $W$  увеличена:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{3\ell_k}{M_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{1157,3}{1 - \left( \frac{3 \cdot 13}{25} \cdot 0,1 \right)} = 1371,2, \text{ Н.} \quad (3.15)$$

Рассчитаем осевую силу зажима обрабатываемой заготовки:

$$Q = \frac{M}{n \cdot r_{\max} \cdot \sin \left( \theta + \frac{4r_0 \cdot \mu}{\pi \cdot r_{\min}} \right)} \quad (3.16)$$

где  $\mu = 0,15$ ;  $r_0 = 0,025 \text{ м}$ .

$$Q = \frac{6574,8}{630 \cdot 0,031 \cdot \sin \left( 18 + \frac{4 \cdot 0,025 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,04} \right)} = 10839, \text{ Н.}$$

Угол поворота зажимного кулачка равен:

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot g \frac{r_{\max}}{r_{\min}}. \quad (3.17)$$

$$\alpha_0 = 2,31 \cdot 9,81 \frac{0,031}{0,04} = 17,6^\circ.$$

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Для обработки пространственно сложных поверхностей используются режущие инструменты, которые работают методом обкатки (огибания) и копирования.

При обработке копированием каждая впадина между зубьями венца обрабатывается инструментом, у которого режущий профиль по форме совпадает с профилем впадины зубчатого венца. Представителями инструментов такого вида обработки являются дисковые и пальцевые модульные фрезы, строгальные резцы, многорезцовые зубодолбежные головки, эвольвентные протяжки, шлифовальные фасонные круги.

Для повышения точности получения профиля зубьев при обработке зубчатых венцов с различным диаметром, с определенным модулем и числом зубьев, необходима специальная фреза. Для сокращения этой необходимости применяют стандартные наборы одномодульных фрез, состоящие из 8, 15 и 26 штук.

Вышеназванные виды обработки пальцевой и дисковой фрезами являются малопроизводительными и неточными. Это объясняется износом профиля инструмента, переходящего от одной впадины к другой, а также прерывистым характером обработки, где после выполнения каждого рабочего хода заготовка отводится от фрезы и проворачивается на один угловой шаг зубьев.

Метод обкатки – чаще используемый, более производительный и осуществляющий более высокую точность обработки профиля зубчатых венцов, так как при эксплуатации и изготовлении эта кинематическая пара находится в аналогичных условиях. В этом случае одним и тем же режущим инструментом можно обработать колеса единого модуля, но с разным количеством зубьев.

Такие инструменты совместно с заготовкой представляют прототип конкретной кинематической передаточной пары: зуборезный долбяк и колесо представляют цилиндрическую зубчатую передачу, зубчатое колесо и червячная фреза – червячную передачу и так далее.

Различают следующие виды обработки обкаткой: фрезерование червячными фрезами, долбление зуборезными рейками или долбяками, шлифование абразивными червяками, зубострогание резцами, зуботочение долбяками или резцовыми головками, притирка и шевингование.

Задачей раздела является проектирование червячной фрезы для операции 035 Зубофрезерная.

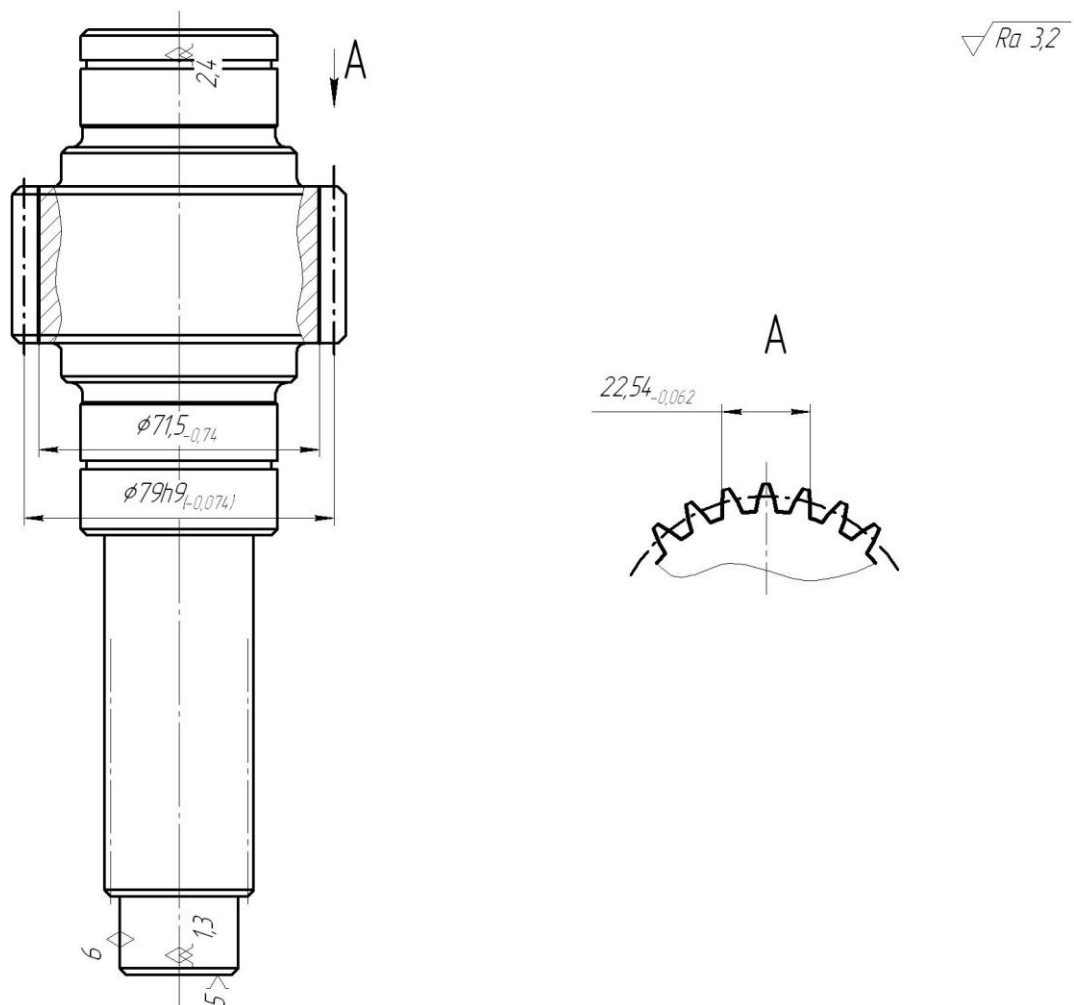


Рис. 4.1. Эскиз операции 035 Зубофрезерная

И зависимости определим число зубьев фрезы:

$$Z_{\phi} = 1,2\sqrt{D} \text{ (шт.)}; [14]$$

$$Z_{\phi} = 1,2\sqrt{100} = 12 \text{ шт.}$$

Принимаем ближайшее большее стандартное число  $Z_{\phi} = 10$ .

Геометрические параметры фрезы принимаются из справочной литературы [15]: передний угол  $\gamma = 15^{\circ}$ ; задний угол  $\alpha = 12^{\circ}$ ; угол наклона зубьев к оси фрезы  $\omega = 35^{\circ}$ ; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 12^{\circ}$ ; главный угол в плане  $\phi = 60^{\circ}$ ; вспомогательный угол в плане  $\phi_1 = 8^{\circ}$ .

Диаметр посадочного отверстия принимаем  $d = 32\text{мм}$ .

Скорость резания определим, как

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $v_{\text{табл}} = 65\text{м/мин}$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ . [11]

$$v = 67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 67, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 100} = 213,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n=200 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v_{\text{дâââ}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62,8, \text{ м/мин.}$$

Остальные параметры принимаем по [15].

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода автоматической линии».

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

Таблица 5.1 - Технологический паспорт технического объекта

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Точение чистовое	Операция 025 Токарная чистовая	Оператор станка с ЧПУ	Станок СА500СФ3К; токарный поводковый патрон	Сталь 40Х; т/с Т15К6; б/р; СОЖ-Литол

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Риски в профессиональной деятельности

№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	Токарная операция	Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий шум на рабочем месте	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, токарный станок СА500СФ3К оснащенный системой программного управления

### 5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – 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, полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	СИЗ работающего
1	2	3	4
1	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Краги брезентовые с двойным наладонником, перчатки «Ангара»
2	Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по обучению по охране труда	Очки защитные «Эталон»
3	Подвижные части производственного	Регламентированная процедура по	Очки защитные «Эталон»



Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
	оборудования	обучению по охране труда	
4	Высокий шум на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Наушники «Кедр»

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

Таблица 5.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	2	3	4	5	6
1	Участок механической обработки	Токарный станок СА500СФЗК оснащенный системой программног	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
		о управления	плавящихся твердых веществ и материалов (В)	промасленно й ветоши	на токопроводя щие части технологиче ских установок, оборудовани я, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 – Выбор средства пожаротушения

Средств ва первич ного пожаро тушени я	Средств а мобиль ного пожаро тушени я	Установ ки стацион арного пожаро тушени я и/или пожаро тушащи е систем ы	Средств а автомат ики для пожаро тушени я	Оборуд ование для пожаро тушени я	СИЗ для спасения людей	Инструмент для пожаротуше ния (механизиров анный и немеханизир ованный)	Сигнализ ация, связь и оповещен ие при пожаре
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители,	Пожарные автомобили	Системы пенног	Технические средств	Напорные пожар	Веревки пожарные карабины	Лопаты, багры, ломы,	Автоматические извещат

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8
ящики с песко м, пожар ные краны	били и пожар ные лестни цы	о пожар отуше ния	ва опове щения и управл ения эвакуа цией, прибор ы прием но- контро льные	Ные рукава и рукавн ые развет вления	пожарные противога зы, респирато ры	топоры	ели

Таблица 5.6 – 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
Точение	Хранение ветоши в негоряемых ящиках; Применение плавких предохранителей или	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3
	автоматов в электроустановках станков	инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

1	2	3	4	5
Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса (производственного сооружения или производственного здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования).	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
Точение	Токарный станок СА500СФЗК, оснащенный системой ЧПУ	Пыль металлическая	Взвешенные вещества и нефтепродукт	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах

Таблица 5.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Точение
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Модернизация фильтрующих элементов в вытяжных трубах
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Модернизация фильтрующих элементов канализационных сетей и очистных сооружений
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур, связанных с отходами производства.

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

В настоящем разделе проанализирован технологический процесс изготовления вала-шестерни автоматической линии. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<b>Операция 025 – Токарная</b>	
<p><u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, модель СА500СФЗК.  <u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый самоцентрирующий.  <u>Инструмент</u> – резец токарный  <math>T_O = 1,5</math> мин</p>	<p><u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, модель СА500СФЗК.  <u>Оснастка</u> – патрон поводковый самозажимной с эксцентриковыми кулачками.  <u>Инструмент</u> – резец токарный  <math>T_O = 1,5</math> мин</p>
<b>Операция 035 – Зубофрезерная</b>	
<p><u>Оборудование</u> – зубофрезерный станок с ЧПУ, модель 5320Ф4.  <u>Оснастка</u> – зажимное приспособление.  <u>Инструмент</u> – червячная фреза из быстрорежущей стали Р6М5  <math>T_O = 1,5</math> мин  <math>T_{шт} = 2,32</math> мин</p>	<p><u>Оборудование</u> – зубофрезерный станок с ЧПУ, модель 5320Ф4.  <u>Оснастка</u> – зажимное приспособление.  <u>Инструмент</u> – червячная фреза из быстрорежущей стали Р6М5 с покрытием TiN, которое увеличивает стойкость инструмента в 1,8 раза.  <math>T_O = 1,5</math> мин  <math>T_{шт} = 2,32</math> мин</p>

Описанные, в таблице 6.1, условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые

для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

- программа выпуска изделия, равная 5000 шт.;
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом техпроцесса не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;
- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;
- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [23], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 6.1.

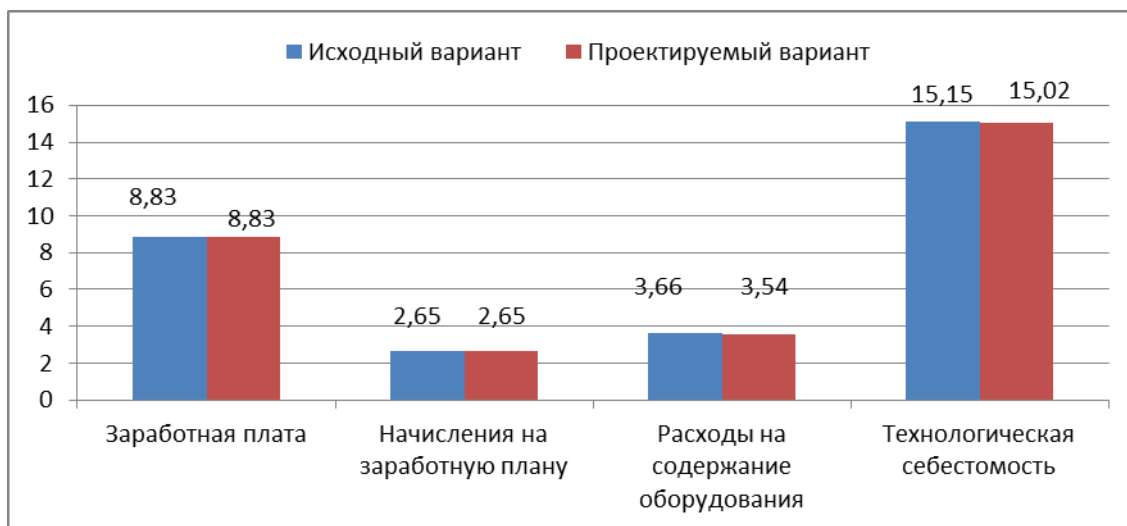


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию только по расходам на содержание и эксплуатацию оборудования, и это естественно, т.к. изменения по рассматриваемым операциям коснулись только оборудования без изменения времени обработки. Не смотря на незначительное изменение технологической себестоимости можно выдвинуть предположение о возможной эффективности предложенных изменений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [23], данная величина составила 1832,1 руб., в состав которой входят затраты на инструмент и приспособление.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [23], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения,



полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
1	Полная себестоимость	$C_{\text{полн}}$ руб.	47,43	47,31
2	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}}$ руб.	680	
3	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}$ лет	4	
4	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общ, диск}}$ руб.	2154,92	
5	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = ЧДД$ , руб.	292,9	
6	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,16	

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно: получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 292,9 руб.; рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия; и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,16 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнен технологический процесс изготовления вала-шестерни привода автоматической линии, сделан технико-экономический анализ и спроектирована заготовка, рассчитаны припуски на одну из поверхностей детали, техпроцесс оснащен современными технологическими средствами.

На Токарную чистовую операцию 025 спроектировано станочное приспособление с автоматическим приводом.

На 035 Зубофрезерную операцию разработан режущий инструмент.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 с.
4. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
5. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
6. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
7. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
8. Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364 с.

9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
11. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
12. Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.
13. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.
14. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.
15. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
16. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.
17. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

18. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

19. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

20. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1999. - 912 с.

21. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 2 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1999. - 875 с.

22. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 3 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1999. - 847 с.

23. Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с.

24. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

25. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата												
Разраб.	Дубовской																				
Проб.	Логинав																				
Утв.																					
Н. контр.																					
М 01	Сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71																				
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н <sub>тех</sub>	КЛМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ								
	-	166	38	1		0,6	16	φ90×245				1	5,3								
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования						ОМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К <sub>ин</sub>	T <sub>н</sub>	T <sub>ин</sub>				
А 03	XXXXXX			000	Заготовительная																
Б 04					Кривошипно-горячештамповочный пресс																
05																					
А 06	XXXXXX			005	4211 Центральная-подрезная ИОТ ИИ 37.101.7013-93.																
Б 07	381861	Центральная-подрезной станок 2А911-1						2	19163	322	1	1	1	1	142						
О 08	Подготовить две тарелки, выдерживая разм. 241±0,575; точить поверхность 2, выдерживая размер φ50,5 <sub>0,3</sub> ; сверлить центральные отверстия, выдерживая размеры 60 <sup>+0,15</sup> ±1, φ6,3 <sup>+0,15</sup> , 6±0,05, 125±0,18.																				
О 09	Контроль исполнителем.																				
Т 10	391242XXX - сверло центровочное φ6,3, тип А ГОСТ 14034-74; 391242XXX - сверло центровочное φ6,3, тип А ГОСТ 14034-74;																				
Т 11	391801XXX - пластина Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 393120 - калибр-пробка ГОСТ 2015-84.																				
12																					
А 13	XXXXXX			010	4110 Токарная черновая ИОТ ИИ 37.101.7034-93.																
Б 14	381021	Токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК						1	15929	411	1Р	1	1	1	137						
О 15	Точить пов. 9, выдерживая разм. 80,3±0,37; точить пов. 10, выдерживая φ50,5 <sub>0,3</sub> ; точить пов. 15 и 16, выдерживая размер φ38,5 <sub>0,62</sub> ; точить																				
О 16	пов. 14, выдерживая размер 129,5±0,5; точить пов. 17, выдерживая размер φ30,8 <sub>0,65</sub> .																				
МК																					

Дубл.				ГОСТ 3.1118-82 Форма 15											
Взам.															
Подл.				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
													2		
				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
А	Цех	Уч	РМ	Опера.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	К <sub>ин</sub>	Т <sub>п</sub>	Т <sub>ин</sub>
Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код											
A 01	Контроль исполнителем.														
Б 02	396110 - Патрон токарный поводковый ГОСТ 2571-71; XXXXXX Центр упорный ГОСТ 13214-79.														
T 03	393311 - Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 392190 - Резец сборный, проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.														
04															
A 05	XXXXXX			015	4233 Токарная черновая с ЧПУ ИОТ И 37.101.7034-93.										
Б 06	381021 Токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК				2	15929	411	1Р	1	1	1	137			
O 07	Точить поверхность 8, выдерживая разм. $\varnothing 83,3_{\pm 0,05}$ ; точить пов. 7, выдерживая разм. $201,5 \pm 0,075$ ; точить пов. 6, выдерживая разм. $\varnothing 60,3_{\pm 0,05}$ ; точить пов. 5, выдерживая разм. $214 \pm 0,075$ ; точить пов. 2, выд. разм. $\varnothing 50,5_{\pm 0,05}$ .														
O 08	Контроль исполнителем.														
T 09	392841XXXX - Центр упорный ГОСТ 13214-79; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;														
T 10	396171XXXX - Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392190 - Резец сборный, проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.														
11															
A 12	XXXXXX			020	4233 Токарная чистовая ИОТ И 37.101.7034-93.										
Б 13	381021 Токарный станок с ЧПУ СА500СФЗК				2	15929	411	1Р	1	1	1	137			
O 14	Точить пов. 9, выдерживая разм. $\varnothing 80 \pm 0,037$ ; точить пов. 12, выдерж. размер $\varnothing 50,3_{\pm 0,05}$ ; точить пов. 30, выд. разм. $\varnothing 50,3_{\pm 0,05}$ ; точить пов. 14, выд. разм. $129 \pm 0,5$ ; точить пов. 15, 16, выд. разм. $\varnothing 38,0_{\pm 0,05}$ .														
O 15	точить пов. 17, выдерж. разм. $221 \pm 0,075$ ; точить пов. 18, выд. разм. $\varnothing 30,3$ ; точить фаски $1 \times 45^\circ$ . Контроль исполнителем.														
T 16	392841XXXX - Центр упорный ГОСТ 13214-79; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 393410 Микрометр ГОСТ 5607-90;														
T 17	396171XXXX - Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392190 - Резец сборный, проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.														
МК															



ГОСТ 3.1118-82 Форма 16

				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
														3		
				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
А	Цех	Уч	РМ	Упра.	Код наименование операции				Обозначение документа							
Б					ОМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	К <sub>нм</sub>	Т <sub>п</sub>	Т <sub>нм</sub>	
				Код наименование оборудования				Обозначение кода								
				Наименование детали, сб. единицы или материала												
А 01	XXXXXXX			025	4233	Токарная чистовая ИОТ И 37.101.7034-93										
Б 02	381021	Токарный станок с ЧПУ CA500СФЗК			2	16045	322	1Р	1	1	1	142				
Т 03	Точить пав. 2, выдерживая разм. $\phi 50_{-0,002}$ ; точить пав. 29, выдерж. размер $\phi 50_{-0,01}$ ; точить пав. 5, выд. разм. $211 \pm 0,575$ ; точить пав. 6, выд. разм. $\phi 60_{-0,1}$ ; точить пав. 7, выд. разм. $211 \pm 0,575$ ;															
Т 04	точить пав. 8, выдерж. разм. $\phi 85_{-0,14}$ ; выполнить канавки выд. разм. $\phi 4,7_{-0,2}$ , $231 \pm 0,575$ , $233,2 \pm 0,575$ ; Контроль исполнителем.															
О 05	392841XXX - Центр упорный ГОСТ 13214-79; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 93410 Микрометр ГОСТ 5607-90;															
О 06	396171XXX - Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392190 - Резец сборный проходной правый ТУ5К6 ГОСТ 18878-73.															
07																
А 08	XXXXXXX			030	4153	Шлицефрезерная программная ИОТ №73										
Б 09	381572	Шлицефрезерный с ЧПУ 5A352ПФ2			2	19479	322	1Р	1	1	1	142				
Т 10	Фрезеровать поверхности 26, 27, 28, выдерживая размеры $\phi 32_{-0,25}$ , $171 \pm 0,5$ ; $R40 \pm 0,31$ , $6_{-0,03}$ ; $z=8$ .															
О 11	XXXXXX - Прибор для комплексного контроля шлицев ГОСТ 6507-81; Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;															
О 12	XXXXXX - Приспособление специальное с призмами; 391810 - Фреза червячная Р6М5 ГОСТ 9324-80.															
13																
А 14	XXXXXXX			035	4153	Зубофрезерная программная ИОТ №73										
Б 15	381572	Зубофрезерный с ЧПУ 5320Ф4			2	19479	322	1Р	1	1	1	142				
Т 16	Фрезеровать поверхности 23, 24, 25 выдерживая размеры $\phi 79,1_{-0,074}$ , $\phi 71,5_{-0,074}$ ; $\beta=9^\circ 11'$ ; $m=3$ ; $z=26$ .															
Т 17	XXXXXX - Приспособление специальное; 391810 - Фреза червячная Р6М5 m=3 ГОСТ 9324-80; 394300 Прибор для контроля параметров зубчатого венца ГОСТ 6507-81.															
МК																

Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
																	4					
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К <sub>ин</sub>	Т <sub>н</sub>	Т <sub>ин</sub>	
	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение код											
А 01	XXXXXX				040	5030	Термическая	ИОТН	№47													
Б 02	313732 Установка индукционного нагрева																					
Т 03	Закалить заготовку																					
04																						
А 05	XXXXXX				045	4143	Центрошлифовальная	№76														
Б 06	381312 Центрошлифовальный станок 3923										2	19630	322	1Р	1	1	1	142				
Т 07	Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размеры 60°±15', 90°±15'.																					
О 08	397130 - Круг 1 12' 6' 10' 24А М16 К6 V 40м/с 2 кл ГОСТ Р 52781-2007; XXXXXX Спец. шаблон, 394300 Прибор акт. контроля БВ-6060-УНВ.																					
09																						
А 10	XXXXXX				050	4130	Круглошлифовальная	черная	ИОТ	№76												
Б 11	381300 Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2										2	19630	322	1Р	1	1	1	142				
Т 12	Шлифовать под. 12, выдерживая размер $\phi 50_{-0,046}$ ; шлифовать под. 16, выдерживая разм. $\phi 38,7_{-0,039}$ ; 171±0,5; шлифовать под. 18, выд. разм. $\phi 38,1_{-0,039}$ .																					
Т 13	396110 - Патрон мембранный ГОСТ 3889-80; 397130 - Шлиф. круг 1 250 35' 76,2 25А F40 К6 V 40м/с 2 кл ГОСТ Р 52781-2007; 394630 Прибор для активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ Р 8.671-2009.																					
14																						
А 15	XXXXXX				055	4130	Круглошлифовальная	черная	ИОТ	№76												
Б 16	381300 Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2										2	19630	322	1Р	1	1	1	142				
Т 17	Шлифовать под. 2, выдерживая размер $\phi 50,1_{-0,046}$ .																					
МК																						

Дубл.																																																			
Взам.																																																			
Побл.																																																			
																																	5																		
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции											Обозначение документа																																			
Б	Код наименования оборудования											ОМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	К <sub>ин</sub>	Т <sub>р</sub>	Т <sub>ин</sub>																													
	Наименование детали, сб. единицы или материала											Обозначение кода						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.																													
Т <sub>01</sub>	396110 - Патрон мембранный ГОСТ 3889-80, 397130 - Шлиф. круг 1 250 35° 76,2 25А F40 K6 V 40м/с 2кл	ГОСТ Р 52781-2007, 394630											Прибор для активного контроля БВ-6060-УНВ-40						ГОСТ Р 8.671-2009.																																
Б <sub>02</sub>																																																			
А <sub>03</sub>	XXXXXXX	060			4151 Зубошлифовальная ИОТ №76																																														
Б <sub>04</sub>	381560 Зубошлифовальный мод. 5В833											2	19630	322	1Р	1	1	1	14.2																																
Т <sub>05</sub>	Шлифовать пов. 23, 25, выдерживая размеры $\phi 79_{-0,03}^{\pm 0,03}$ , $22,54_{-0,021}^{\pm 0,021}$ , $m \pm 3$ , $z=26$ , $\beta=9^\circ 22'$ .																																																		
Т <sub>06</sub>	396110 - Патрон мембранный ГОСТ 3889-80, 397130 - Шлиф. круг 1 250 40° 76 24А F16 K6 V 40м/с 2кл	ГОСТ Р 52781-2007, 394630											Прибор для активного контроля БВ-6060-УНВ-40						ГОСТ Р 8.671-2009.																																
07																																																			
А <sub>08</sub>	XXXXXXX	065			4130 Круглошлифовальная чистовая программная ИОТ №76																																														
Б <sub>09</sub>	381300 Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2											2	19630	322	1Р	1	1	1	14.2																																
О <sub>10</sub>	Шлифовать пов. 12, выдерживая размер $\phi 50_{-0,002}^{+0,016}$ ; шлифовать пов. 16, выдерживая разм. $\phi 38_{-0,025}^{\pm 0,025}$ ; $17 \pm 0,5$ ; шлифовать пов. 18, выд. разм. $\phi 30_{+0,002}^{+0,015}$ .																																																		
Т <sub>11</sub>	396110 - Патрон мембранный ГОСТ 3889-80, 397130 - Шлиф. круг 1 250 30° 76 24А F16 K6 V 40м/с 2кл	ГОСТ Р 52781-2007, 394630											Прибор для активного контроля БВ-6060-УНВ-40						ГОСТ Р 8.671-2009.																																
12																																																			
А <sub>13</sub>	XXXXXXX	070			4130 Круглошлифовальная чистовая программная ИОТ №76																																														
Б <sub>14</sub>	381300 Круглошлифовальный с ЧПУ мод. КШ-400.2											2	19630	322	1Р	1	1	1	14.2																																
О <sub>15</sub>	Шлифовать пов. 29, выдерживая размер $\phi 50_{-0,002}^{+0,010}$ ; шлифовать пов. 5, выдерживая размер $210 \pm 0,5$ .																																																		
Т <sub>16</sub>	396110 - Патрон мембранный ГОСТ 3889-80, 397130 - Шлиф. круг 1 250 30° 76 24А F16 K6 V 40м/с 2кл	ГОСТ Р 52781-2007, 394630											Прибор для активного контроля БВ-6060-УНВ-40						ГОСТ Р 8.671-2009.																																
17																																																			
МК																																																			

Дубл.  
Взам.  
Подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6

А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код	Обозначение документа											
						СИ	Проф.	Р	УТ	КР	КОВД	ЕН	ОП	К <sub>ин</sub>	Т <sub>п</sub>	Т <sub>ин</sub>	
Б	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение кода					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
А 01	XXXXXX			075	0125	Месячная ИОТ №39											
Б 02	X74306					Промышленный агрегат М2-400											
О 03						Очистить поверхность детали.											
04																	
А 05	XXXXXX			080	0200	Контрольная ИОТ №91											
Б 06	X92122					Контрольная плита 1-1-600x300.											
О 07						Контролировать 50% всех размеров.											
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК																	