

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  
подъёмного крана

Студент(ка)	<u>Чижевский А.М.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Резников Л.А.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Краснопевцева И.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Степаненко А.В.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Виткалов В.Г.</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой  
к.т.н, доцент

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена спроектировать технологический процесс изготовления вала-шестерни привода подъёмного крана. Техпроцесс оснащен современным оборудованием и технологическими средствами. Выполнены технологические карты. Разработаны технологические наладка на некоторые операции. Спроектировано станочное приспособление взамен устаревшего. Спроектирован режущий инструмент на одну из операций.

Работа состоит из 57 страниц расчетно-пояснительной записки, графическая часть работы составляет 7 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	35
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	39
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	42
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	58

## ВВЕДЕНИЕ

Успешная деятельность промышленного предприятия определяется экономическими факторами. Затраты предприятия складываются из затрат на производственное задание и технологическое оборудование, заработную плату рабочих и административного аппарата, затрат на сырье, энергию и т.д. Эти затраты окупаются за счет реализации соответствующей продукции. Однако наибольшая прибыль может быть получена от применения производительных методов обработки, совершенного оборудования, расширения масштабов производства [1].

Операции обработки резанием являются наиболее важными процессами машиностроительного производства и применяются в изготовлении почти любой продукции. Даже в том случае, если процессы резания непосредственно не используются в данном производстве, они используются косвенно для изготовления технологической оснастки. Важное значение процессы резания имеют с точки зрения расходов на производство. В этом случае огромную роль играет правильность составления технологии обработки той или иной детали.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления вала-шестерни подъемного крана с наименьшими затратами на производство с применением современных методов обработки, передового оборудования и новейших достижений науки.

# 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Зубчатые передачи служат для преобразования или передачи крутящего равномерного (реже неравномерного) вращательного движения между двумя валами с параллельными или скрещивающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное или колебательное движения посредством зубчатого зацепления.

Передачи между двумя валами с параллельными осями называются цилиндрическими передачами.

По форме зуба цилиндрические колеса разделяются на прямозубые, косозубые и шевронные.

Шевронные колеса, имеющие косые зубья на зубчатом венце с противоположными направлениями, обеспечивают плавную и бесшумную работу передач, а благодаря наличию противоположного направления зубьев, не создают осевых усилий на подшипники.

Шевронные колеса применяются в среднескоростных и быстроходных передачах, к которым предъявляются высокие требования в отношении бесшумности. [2]

## 1.1 Служебное назначение детали.

Деталь вал-шестерня предназначена для восприятия крутящего момента от ведущего зубчатого колеса боковыми стенками шпоночного паза и передача вращения другим колесам боковыми сторонами зубьев обоих полушевронных, а также боковыми стенками другого шпоночного паза.

## 1.2 Систематизация поверхностей детали.

Выполним нумерацию поверхностей детали и проведем систематизацию их по назначению.

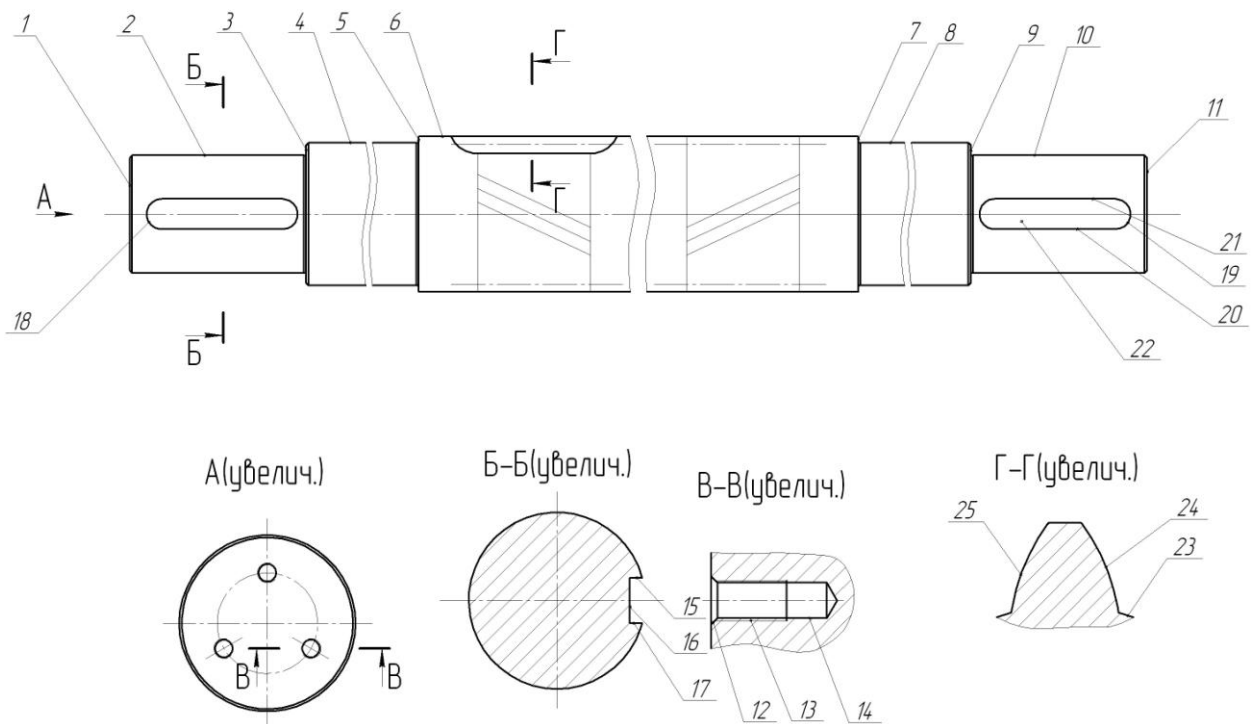


Рисунок 1.1. Систематизация поверхностей

Проклассифицируем поверхности по служебному назначению. Результаты сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

№	Вид поверхности	№ поверхности
1	Исполнительные поверхности (ИП)	1, 18, 20, 21, 24, 25
2	Основные конструкторские базы (ОКБ)	4, 5, 7, 8
3	Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	1, 6, 11, 13, 16, 22
4	Свободные поверхности (СП)	остальные

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

Опираясь на данные [3] составим табл. 1.2, занося в нее данные о материале детали.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 38ХНЗМФА по ГОСТ 4543-71

Химический элемент	Содержание
С (углерод)	0,33...0,40 %
Cr (хром)	1,2...1,5 %
V (ванадий)	0,1...0,18 %
Mo (молибден)	0,35...0,45 %
P (фосфор)	до 0,025 %
S (сера)	до 0,025 %
Cu (медь)	до 0,3 %
Mn (марганец)	0,25...0,5 %
Ni (никель)	3...3,5 %
Si (кремний)	0,17...0,37 %
Fe (железо)	остальное

Сталь 38ХНЗМФА – конструкционная, легированная.

Механические свойства стали 38ХНЗМФА представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Механические свойства стали 38ХНЗМФА

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	КСУ	НВ
МПа	МПа	%	Дж/см <sup>2</sup>	Не более
1080	1180	12	50	311

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.

Исходя из анализа технических требований детали сформулируем задачи работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, представленной во введении – обеспечить заданный выпуск деталей «Вал-шестерня» заданного качества с наименьшими затратами путем разработки технологического процесса: 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.

В зависимости от размера производственной программы, характера продукции, а также технических и экономических условий осуществление производственного процесса машиностроительные производства делятся на типы.

Отталкиваясь из того, что годовой объем выпуска равен  $N_r = 1000$  шт/год, а масса детали  $m_d = 310$  кг, то тип производства определяем как среднесерийное. [3]

### 2.2 Выбор стратегии разработки технологического процесса.

Рассмотрим характеристики среднесерийного производства и соответственно выберем стратегию разработки технологического процесса.

В производстве серийного типа технологический процесс главным образом дифференцирован, то есть разделён на некоторые операции, которые закреплены за назначенными станками.

Станки в таком производстве применяются различных видов. Станочный парк должен быть специализирован таким образом, чтобы был возможен переход от производства одной серии машин к производству другой, отличающейся от первой в конструктивном отношении.

Форма организации среднесерийного производства переменнo-поточная.

Техпроцесс разрабатывается на основе типовых процессов обработки деталей машин.

Припуск на обработку – незначительный.

Для серийного производства характерна групповая форма организации технологических процессов. Рассчитываем размер партии для запуска по формуле:

$$n = \frac{N \times a}{254},$$

где  $a$  – периодичность запуска; при запуске 1 раз в месяц  $a = 24$ ;

$N$  – годовая программа выпуска деталей.

$$n = \frac{1000 \times 24}{254} = 94 \text{шт.}$$

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Целью данного раздела является сравнение двух наиболее подходящих методов получения заготовки и нахождение экономически более выгодной заготовительной операции.

Метод получения заготовки определяется типом детали, её материалом, сложностью формы, типом производства и т.д. Для данной детали рациональными методами получения заготовки являются прокат и штамповка. Эти способы в равной степени позволяют достичь необходимой точности заготовки.

Таблица 2.1 - Исходные данные

Наименование показателей	Вариант 1	Вариант 2
Вид заготовки	Штамповка на ГКМ	Прокат Ø190x1730
Класс сложности / Класс точности	4/1	-
Масса заготовки, кг	335	388
Стоимость 1 кг стружки $C_{отх}$ , руб	0,315	0,115
Стоимость 1 кг заготовок $C_{заг}$ , руб	0,0144	0,0144
Масса детали, кг	310	310

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [5].

$$C_{мех} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.1)$$

где  $C_c = 0,495 \text{руб/кг}$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085 \text{руб/кг}$ . [6]

Тогда по формуле (2.1) имеем:

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578, \text{ руб/кг.}$$

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

где  $C_{\text{шт}} = 0,315 \text{ руб}$ ;  $k_T = 0,9$ ;  $k_c = 0,84$ ;  $k_b = 1,14$ ;  $k_M = 1,0$ ;  $k_n = 1,0$ . [6]

Тогда по формуле (2.2) имеем:

$$C_{\text{заг}} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2381, \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из штамповки [5].

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

где  $Q_{\text{шт}} = 335 \text{ кг}$ ;  $q = 310 \text{ кг}$ ;  $C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб/кг}$ . [5].

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{\text{шт}} = 0,2381 \cdot 335 + 0,6578 (335 - 310) + (335 - 310) \cdot 0,0144 = 95,85, \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из проката [5].

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

где  $Q_{\text{пр}} = 388 \text{ кг}$ .

Исходя из зависимости (2.4) имеем:

$$C_{\text{пр}} = 0,1219 \cdot 388 + 0,6578 (388 - 310) + 0,0144 (388 - 310) = 97,48, \text{ руб.}$$

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

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\Delta_2 = (C_{\text{пр}} - C_{\text{шт}}) N_2 = (97,48 - 95,85) \cdot 1000 = 1630, \text{ руб.}$$

Для учета ценовой инфляции вводим коэффициент  $K = 10$ .

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\Delta_2 = 1630 \cdot 10 = 16300, \text{ руб.}$$

#### 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 2.2.

Таблица 2.2 – Выбор методов обработки поверхностей.

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1	2	3	4
1	14	10	Токарная черновая, Токарная получистовая
2	6	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая, Токарная чистовая, Тонкое точение
3	14	10	Токарная черновая, Токарная получистовая
4	6	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая, Токарная чистовая, Тонкое точение
5	14	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая
6	8	5	Токарная черновая, Токарная получистовая, Токарная чистовая
7	14	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая
8	6	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая, Токарная чистовая, Тонкое точение
9	14	10	Токарная черновая, Токарная получистовая
10	6	2,5	Токарная черновая, Токарная получистовая, Токарная чистовая, Тонкое точение
11	14	10	Токарная черновая, Токарная получистовая
12	14	10	Сверлильная
13	10	10	Сверлильная
14	14	10	Сверлильная
15	9	5	Фрезерная
16	11	10	Фрезерная
17	9	5	Фрезерная
18	14	10	Фрезерная
19	14	10	Фрезерная
20	9	5	Фрезерная
21	9	5	Фрезерная
22	14	10	Фрезерная
23	14	10	Зубофрезерная

## Продолжение табл. 2.2

24	8	5	Зубофрезерная
25	8	5	Зубофрезерная

## 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 - Технологический маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra, мкм
1	2	3	4	5
00	Заготовительная		16	80
05	Центровально-подрезная	14, 13, 10 12	12 10	5 2,5
10	Токарная черновая	6, 5, 4, 3, 2	12	5
15	Токарная черновая	10, 9, 8, 7, 6	12	5
20	Токарная получистовая	5, 4, 3, 2	9	2,5
25	Токарная получистовая	10, 9, 8, 7, 6	9	2,5
35	Расточная	14, 13, 12	9	2,5
40	Шпоночно-фрезерная	21, 20, 17, 15 22, 19, 18, 16	9 11	2,5 5
45	Зубофрезерная	24, 25 23	8 14	2,5 5
50	ТО	все		
55	Центрошлифовальная	12	9	1,25
60	Токарная чистовая	5, 4, 2	8	2,5
65	Токарная чистовая	10, 8, 7	8	2,5
70	Токарная тонкая	4, 2	6	2,5

75	Токарная тонкая	10, 8	6	2,5
80	Моечная	все		
85	Контрольная			

## 2.6 Определение припусков.

В этом разделе определяем припуски на поверхность  $\varnothing 170k6^{(+0,028}_{+0,003})$  расчетно-аналитическим методом.

Исходные данные:

$$D = 170^{(+0,028}_{+0,003}); L = 20; Ra = 2,5.$$

На обработку данной поверхности назначаем технологические переходы: черновое точение; получистовое точение; чистовое точение; тонкое точение.

На данную поверхность назначаем переходы:

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  $\Delta = 0,25 \cdot Td$  :

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 4,0 = 1,000, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,400 = 0,100, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{T0} = 0,25 \cdot 0,160 = 0,040, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,063 = 0,016, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,008, \text{ мм}.$$

Определяем погрешность установки  $\varepsilon$  заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае до термообработки заготовка устанавливается в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, так как присутствуют большие силы резания и обеспечивается достаточная точность.

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

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,412, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,100^2 + 0} = 0,300, \text{ мм}.$$

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

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,03 + \sqrt{0,008^2 + 0} = 0,038, \text{ мм}.$$

Максимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

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

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(\Delta_0 + Td_1) = 1,412 + 0,5(4,000 + 0,400) = 3,612, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(\Delta_1 + Td_2) = 0,300 + 0,5(0,400 + 0,100) = 0,550, \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(\Delta_2 + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,063) = 0,207, \text{ мм}.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(\Delta_3 + Td_4) = 0,038 + 0,5(0,063 + 0,025) = 0,082, \text{ мм}.$$

$$d_{4\min} = 170,003, \text{ мм}.$$

$$d_{4\max} = 170,028, \text{ мм}.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 170,028 + 2 \cdot 0,038 = 170,104, \text{ мм}.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 170,104 + 0,025 = 170,129, \text{ мм}.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 170,129 + 2 \cdot 0,125 = 170,379, \text{ мм}.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 170,379 + 0,160 = 170,539, \text{ мм}.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 170,539 \cdot 0,999 = 170,368, \text{ мм}.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 170,368 + 0,100 = 170,468, \text{ мм}.$$

$$d_{1\min} = d_2 \max + 2Z_{2\min} = 170,468 + 2 \cdot 0,300 = 171,068, \text{мм}.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 171,068 + 0,400 = 171,468, \text{мм}.$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 171,468 + 2 \cdot 1,412 = 174,292, \text{мм}.$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 174,292 + 4,000 = 178,292, \text{мм}.$$

Определим средние значения диаметров на каждый переход из зависимости:

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

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(178,292 + 174,292) = 176,292, \text{мм}.$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(171,468 + 171,068) = 171,268, \text{мм}.$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(170,468 + 170,368) = 170,418, \text{мм}.$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(170,539 + 170,379) = 170,459, \text{мм}.$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(170,129 + 170,104) = 170,117, \text{мм}.$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(170,028 + 170,003) = 170,016, \text{мм}.$$

Определим общий припуск

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

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

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

$$2Z_{\min} = 174,292 - 170,028 = 4,264, \text{мм}.$$

$$2Z_{\max} = 4,264 + 4,000 + 0,025 = 8,289, \text{мм}.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(4,264 + 8,289) = 6,277, \text{мм}.$$



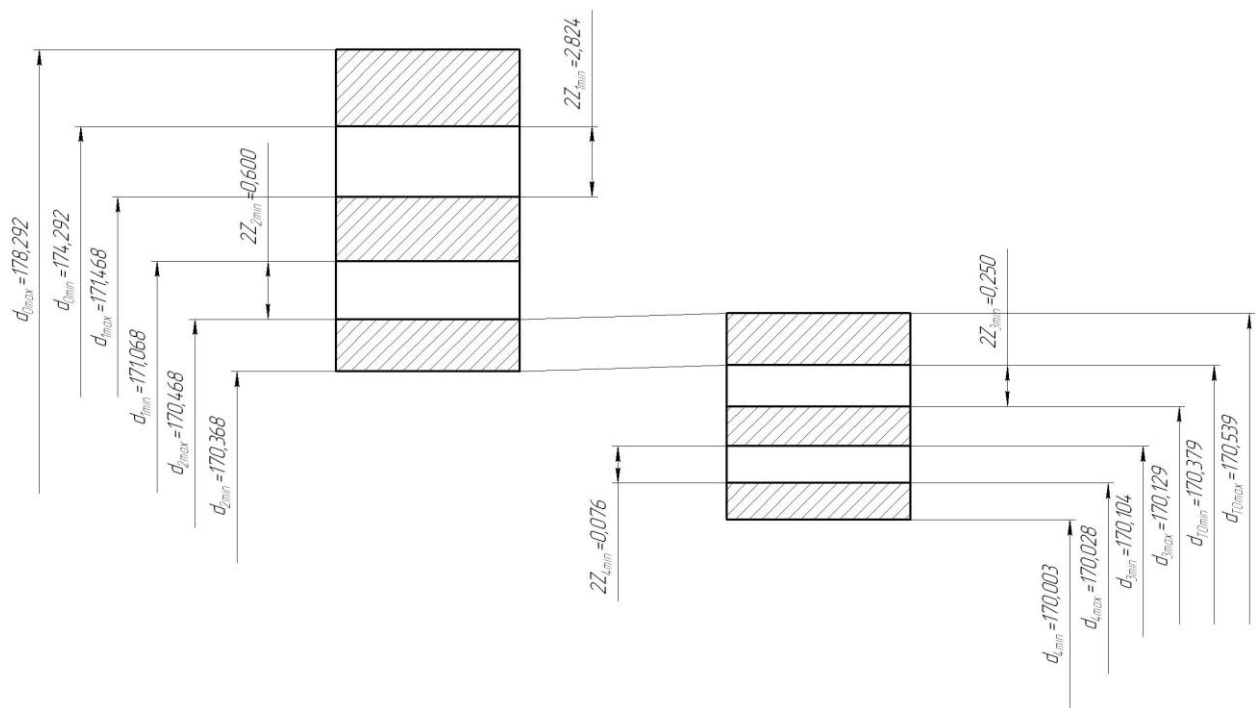


Рисунок 2.1. Схема расположения полей допусков и припусков

## 2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки необходимо учитывать следующие пункты:

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 [7] для нашей заготовки выбираем:

- 1) По [7] принимаем группу стали М2.
- 2) Штамповка на горячековочной машине относится к классу точности

Т4.

- 3) Определим степень сложности:

$$G_{\Pi} = 335 \text{ кг} .$$

$$G_{\Phi} = 338 \text{ ру} .$$

$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{335}{388} = 0,86.$$

Степень сложности заготовки-штамповки по данному показателю оцениваем, как С1. [7]

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

Исходный индекс заготовки по ГОСТ 7505-89 [7] принимаем, как 15.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

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

Для фрезерно-центровальной операции 005 выбираем фрезерно-центровальный станок крупного размера модели КС-400.

Для токарных операций 010, 015, 020 и 025 принимаем токарный станок с числовым программным управлением горизонтальной компоновки с направляющими качения крупного размера модели 16К30Ф3.

Для расточной 035 операции выбираем горизонтально-расточной станок с подвижной стойкой модели 2Б660Ф2 с числовым программным управлением, предназначенный для обработки тяжелых деталей с обработкой отверстий и точным расположением осей.

Для шпоночно-фрезерной операции 040 выбираем шпоночно-фрезерный станок для обработки шпоночных пазов мерными и немерными шпоночными фрезами модели 693Д.

Для зубофрезерной операции 045 выбираем горизонтальный зубофрезерный полуавтомат модели 5А370, предназначенный для нарезания прямых и косых зубьев червячной фрезой.

Для 045 Центрошлифовальной операции выбираем станок центрошлифовальный горизонтальной компоновки модели TOYODA GS12-130.

Для токарных операций 060, 065, 070 и 075 принимаем токарный станок с числовым программным управлением горизонтальной компоновки с направляющими качения крупного размера модели 16К30ФЗ.

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 Проведем расчет режимов обработки для операции 005 Фрезерно-центровальная.

Переход 1.

Принимаем глубину резания  $t = 5\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S_z = 0,2$ .

$$S_0 = S_z \cdot z.$$

Принимаем  $z = 20$ . [9]

$$S_0 = 0,2 \cdot 20 = 4\text{мм/об}.$$

$$V = \frac{C_v D^q K_v}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_v = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0. [9]$$

Тогда  $K_v = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25$ .

$$D = 150 \text{ мм}; \quad t = 5\text{мм}; \quad S_0 = 4\text{мм/об}; \quad C_v = 7,0; \quad K_v = 0,5; \quad q = 0,4; \quad x = 0; \quad y = 0,7;$$

$$m = 0,2; \quad T = 60\text{мин}.$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 150^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 4^{0,7}} \cdot 1,25 = 10,8, \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 10,8}{3,14 \cdot 150} = 22,9, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi}=20 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 20}{1000} = 9,4, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 4 \cdot 20 = 80, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{ид}} \cdot L_{\text{px}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 147 \cdot 1}{80} = 1,84 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Принимаем глубину резания  $t = 26 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,2 \text{ мм/об}$ .

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0. [9]$$

$$\text{Тогда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$$D = 52 \text{ мм}; t = 26 \text{ мм}; S_0 = 0,2 \text{ мм/об}; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7;$$

$$m = 0,2; T = 25 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 52^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 26^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 27,6 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 27,6}{3,14 \cdot 52} = 169, \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 160}{1000} = 26,1 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 160 = 32 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{омс}} \cdot L_{\text{px}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 83,4}{32} = 2,61 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Принимаем глубину резания  $t = 1 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 1 \text{ мм/об}$ .

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 1,0; K_{LV} = 1,0. [9]$$

Тогда  $K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5$ .

$$D = 16 \text{ мм}; t = 1 \text{ мм}; S_0 = 0,2 \text{ мм/об}; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7;$$

$$m = 0,2; T = 60 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 16^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 17,2 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 17,2}{3,14 \cdot 16} = 342, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 315}{1000} = 15,8 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 1 \cdot 315 = 315 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{зад}} \cdot L_{\text{px}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{1 \cdot 30}{315} = 0,10 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 1,84 + 2,61 + 0,10 = 4,55, \text{ мин.}$$

2.9.2 Определим режимы обработки для операции 010 Токарная черновая.

Принимаем глубину резания  $t = 1,5 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3$  мм/об.

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190$  м/мин.

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$  м/мин.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 185,02} = 327 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 315$  мин<sup>-1</sup>.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 185,02 \cdot 315}{1000} = 183 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{890}{94,5} = 9,42 \text{ мин.}$$

### 2.9.3 Определим режимы обработки для операции 015 Токарная черновая.

Принимаем глубину резания  $t = 1,5$  мм.

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3$  мм/об.

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190$  м/мин.

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190$  м/мин.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 185,02} = 327 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 315$  мин<sup>-1</sup>.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 185,02 \cdot 315}{1000} = 183 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{890}{94,5} = 9,42 \text{ мин.}$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 020 Токарная  
получистовая.

Переход 1.

Принимаем глубину резания  $t = 1,5\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3\text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190\text{м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 185,02} = 327\text{мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 315\text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 185,02 \cdot 315}{1000} = 183\text{м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5\text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{470}{94,5} = 4,97\text{ мин}.$$

Переход 2.

Принимаем глубину резания  $t = 1,5\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,2\text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190\text{м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 170} = 355,9\text{мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 315\text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 315}{1000} = 168\text{м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63\text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{94,5} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 4,97 + 0,02 = 4,99, \text{ мин.}$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 025 Токарная  
получистовая.

Переход 1.

Принимаем глубину резания  $t = 0,5 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3 \text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190 \text{ м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190 \text{ м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 185,02} = 327 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 185,02 \cdot 315}{1000} = 183 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{1310}{94,5} = 13,86 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Принимаем глубину резания  $t = 0,2 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3 \text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 190 \text{ м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 190 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 190 \text{ м/мин}$ .



$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 190}{3,14 \cdot 170} = 355,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 315}{1000} = 168 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 315 = 94,5 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{94,5} = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_0 = 13,86 + 0,02 = 13,88 \text{ мин.}$$

2.9.5 Определим режимы обработки для операции 035 Сверлильная.

Переход 1, 4.

Принимаем глубину резания  $t = 7,5 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,2 \text{ мм/об}$ .

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y}.$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [9]$$

Тогда  $K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5$ .

$$D = 15 \text{ мм}; t = 7,5 \text{ мм}; S_0 = 0,2 \text{ мм/об}; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7;$$

$$m = 0,2; T = 60 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 15^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 7,5^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 16,8 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 16,8}{3,14 \cdot 15,0} = 356,7, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 315}{1000} = 14,8 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{px}}}{S},$$

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$$n_{\text{отв}} = 3; L_{\text{px}} = 51 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{3 \cdot 51}{63} = 2,43, \text{ мин.}$$

Переход 2, 5.

Принимаем глубину резания  $t = 2,5 \text{ мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,2 \text{ мм/об}$ .

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,4; K_{LV} = 1,0. [9]$$

$$\text{Тогда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,5.$$

$$D = 19 \text{ мм}; t = 2,5 \text{ мм}; S_0 = 0,2 \text{ мм/об}; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7;$$

$$m = 0,2; T = 25 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 19^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 2,5^0 \cdot 0,20^{0,7}} \cdot 0,5 = 18,4 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 18,4}{3,14 \cdot 19,0} = 308,4, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 250 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 19 \cdot 250}{1000} = 14,9 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{отв}} \cdot L_{\text{px}}}{S},$$

$$T_0 = \frac{3 \cdot 3,5}{50} = 0,21 \text{ мин.}$$

Переход 3, 6.

Принимаем глубину резания  $t = 1,0$  мм.

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 1,0$  мм/об.

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$D = 16 \text{ мм}; \quad t = 1,0 \text{ мм}; \quad S_0 = 1 \text{ мм/об}; \quad C_V = 7,0; \quad K_V = 0,5; \quad q = 0,4; \quad x = 0; \quad y = 0,7;$$

$$m = 0,2; \quad T = 25 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 16^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 1^0 \cdot 1^{0,7}} \cdot 0,5 = 5,6 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 5,6}{3,14 \cdot 16,0} = 111,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 100 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 100}{1000} = 5,0 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 1 \cdot 100 = 100 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{n_{\text{зад}} \cdot L_{px}}{S},$$

$$T_0 = \frac{3 \cdot 31}{100} = 0,93 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 2,43 + 0,21 + 0,93 = 3,57, \text{ мин.}$$

2.9.6 Определим режимы обработки для операции 040 Шпоночно-фрезерная.

Принимаем глубину резания  $t = 6,0$  мм.

Из источника [9] принимаем подачу  $S_z = 0,10$  мм/об.

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

$$z = 4.$$

$$S_0 = 0,1 \cdot 4 = 0,4, \text{ мм/об.}$$

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

$$K_{MV} = 1,25; K_{UV} = 0,5; K_{LV} = 1,0. [9]$$

$$\text{Тогда } K_V = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,0 = 0,625.$$

$$D = 36 \text{ мм}; t = 6,0 \text{ мм}; S_0 = 0,5 \text{ мм/об}; C_V = 7,0; K_V = 0,5; q = 0,4; x = 0; y = 0,7;$$

$$m = 0,2; T = 25 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{7,0 \cdot 36^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 6^0 \cdot 0,4^{0,7}} \cdot 0,625 = 15,1, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 15,1}{3,14 \cdot 36} = 133,6, \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Из паспорта станка } n_{\phi} = 125 \text{ мин}^{-1}.$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 125}{1000} = 14,1, \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,40 \cdot 125 = 62,5, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{2 \cdot 180 \cdot 2}{62,5} = 11,52 \text{ мин.}$$

2.9.7 Определим режимы обработки для операции 045 Зубофрезерная.

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

$$L_p = b \cdot q,$$

$$L_p = 135 \cdot 1 = 135, \text{ мм.}$$

$$L_{II} = 32 \text{ мм}; L_{II} = 32 \text{ мм.}$$

$$L_{p.x.} = 135 + 32 + 32 = 199, \text{ мм.}$$

$$S_0 = S_{0,табл} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

$$S_{0,табл} = 1,5 \text{ мм/об}; K_1 = 0,9; K_2 = 0,8. [9]$$

$$S_0 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,1, \text{ мм/об.}$$

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

$$v_{\text{фбл}} = 50 \text{ м/мин}; K_1 = 1,1; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0. [9]$$

$$v = 50 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 55, \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 250} = 70,1, \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 63 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 63}{1000} = 49,5, \text{ м/мин.}$$

Из таблиц [9]  $B = 30,8$ .

$$W = \frac{l_p - (l_i + l_e)}{B},$$

$$l_p = 300 \text{ мм.}$$

$$l_i = -\frac{3\pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4};$$

$$l_e = -\frac{1,1 \cdot \pi \cdot m \cdot K}{\cos \beta} + \frac{\pi \cdot m}{4},$$

$$l_i = -\frac{3 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 0,5}{\cos 24^\circ 38'} + \frac{3,14 \cdot 9}{4} = -39,519, \text{ мм.}$$

$$l_e = -\frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 0,5}{\cos 24^\circ 38'} + \frac{3,14 \cdot 9}{4} = -10,016, \text{ мм.}$$

$$W = \frac{300 - (-39,519 - 10,016)}{30,8} = 11,349.$$

Принимаем  $W = 12$ . [9]

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot z_1 \cdot q}, [9]$$

$$T_0 = \frac{199 \cdot 17}{63 \cdot 1,1 \cdot 3 \cdot 1} = 16,27, \text{ мин.}$$

$$T_0 = 16,27 \cdot 2 = 32,54, \text{ мин.}$$

2.9.8 Определим режимы обработки для операции 055

Центрошлифовальная.

Зернистость – 25;

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – СМ2;

Структура – 7;

Связка – К;

Диаметр шлифовального круга 80 мм.

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 19} = 586,7, \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05. [9].$$

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

2.9.9 Определим режимы обработки для операции 060 Токарная чистовая.

Принимаем глубину резания  $t = 0,35\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3 \text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 300\text{м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 300 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 300\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 170,1} = 561,8\text{мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi}=500 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170,1 \cdot 500}{1000} = 267,1\text{м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150\text{мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{440}{150} = 2,93\text{мин.}$$

2.9.10 Определим режимы обработки для операции 065 Токарная чистовая.

Принимаем глубину резания  $t = 0,35\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3$  мм/об.

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 300$  м/мин.

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 300$  м/мин.

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 170,1} = 561,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 500$  мин<sup>-1</sup>.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170,1 \cdot 500}{1000} = 267,1 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{440}{150} = 2,93 \text{ мин.}$$

2.9.11 Определим режимы обработки для операции 070 Токарная тонкая.

Принимаем глубину резания  $t = 0,1$  мм.

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3$  мм/об.

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 300$  м/мин.

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 300$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 170} = 562,0 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 500$  мин<sup>-1</sup>.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 500}{1000} = 266,9 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{440}{150} = 2,93 \text{ мин.}$$

2.9.12 Определим режимы обработки для операции 075 Токарная тонкая.

Принимаем глубину резания  $t = 0,1\text{мм}$ .

Из источника [9] принимаем подачу  $S = 0,3\text{ мм/об}$ .

Из источника [9] принимаем скорость резания  $V = 300\text{м/мин}$ .

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

где  $K_1=1,0$ ;  $K_2=1,0$ ;  $K_3=1,0$ . [9]

Отсюда  $V = 30 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 300\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 170} = 562,0\text{мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi}=500\text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 500}{1000} = 266,9\text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150\text{мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{440}{150} = 2,93\text{ мин}.$$



### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1 Сбор исходных данных.

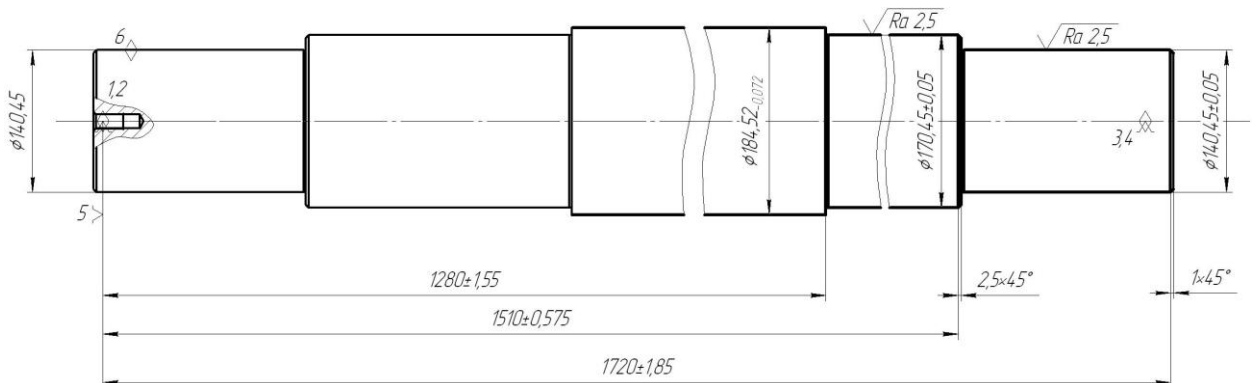


Рисунок 3.1. Эскиз операции

Материал заготовки - сталь 38ХНЗФМА

Вид заготовки – штамповка.

Инструмент – резец с твердосплавной пластиной из твердого сплава Т15К6.

Режимы обработки представлены в разделе 2.9.

Расчет будем вести, согласно методике [12].

#### 3.2 Расчет сил резания.

Для последующих расчетов нужно определить составляющие силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$ , которые рассчитываются по формуле [13]:

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.1)$$

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

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 183^{-0,3} \cdot 0,9 = 119,3, H .$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 183^{-0,15} \cdot 0,9 = 250,5, H .$$

Определим крутящий момент от касательной составляющей силы резания, стремящийся провернуть заготовку, зажатую в кулачках:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2} \quad (3.2)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, рассчитываемый следующим образом:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2} \quad (3.3)$$

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

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (3.4)$$

где  $K$ —коэффициент запаса, определяемый по формуле:

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

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

В нашем случае  $K$  будет равен:

$$K_{pz}=1,80.$$

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

Коэффициент трения  $f$  между кулачком и заготовкой зависит от типа его рабочей поверхности. Выберем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевидными канавками, при этом  $f = 0,3$ . Подставив в формулу (3.4) выбранные данные, получим:

$$W = \frac{1,8 \cdot 250,5 \cdot 184,52}{0,3 \cdot 140,45} = 1975, \text{ Н.}$$

Определим усилие  $Q$ , создаваемое проектируемым силовым приводом, которое зажимным механизмом усиливается и передается кулачкам.

$$Q = \frac{W}{i_c} \quad (3.6)$$

При расчёте зажимного механизма клинового патрона по определённому усилию  $W_1$  рассчитывается усилие  $Q$ , создаваемое проектируемым силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся каждому кулачку.

$$Q = \frac{W}{i_c} \quad (3.6)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение по силе зажима механизма. Для рычажного механизма это отношение равно:

$i_c = A/B$ , где  $A$ ,  $B$  – рычажные плечи.

Принимаем рычажный зажимной механизм при  $i_c = 2,5$ . Рассчитаем усилие

$$Q = \frac{1975}{2,5} = 790, \text{ Н.}$$

### 3.3 Расчет силового привода.

Диаметр поршня пневматического цилиндра найдем по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.7)$$

где  $P$ — рабочее давление среды, которое примем  $P=0,4$  МПа

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{790}{0,4 \cdot 10^6}} = 159, \text{ мм.}$$

Т.к. в патроне будут обрабатываться различные детали конструктивно примем диаметр поршня 160 мм.

Определим ход поршня из зависимости:

$$S_0 = S_w / i_n \quad (3.8)$$

где  $S_w = 5 \text{ мм}$  – свободный ход кулачков

$i_n = \frac{1}{i_c}$  – передаточное отношение зажимного механизма по смещению.

Значение  $S_0$  принимаем с запасом 10...15 мм.

Примем  $S_0 = 45 \text{ мм}$ .

### 3.4 Описание конструкции приспособления.

Приспособление необходимо для базирования заготовки при токарной обработке заготовки.

Приспособление состоит из патрона и силового привода. Патрон включает в себя корпус, в направляющих которого располагаются постоянные кулачки, а уже к ним крепят стенные. Постоянные кулачки рычажным зажимным механизмом и центровиком соединены с силовым приводом.

Силовой привод включает в себя корпус, воспринимающий вращение, жестко зафиксированный на заднем конце шпинделя. В корпусе располагаются поршень, шток с уплотнениями. На выступах передней и задней крышек располагается муфта для подвода рабочей среды (рисунок 3.2).

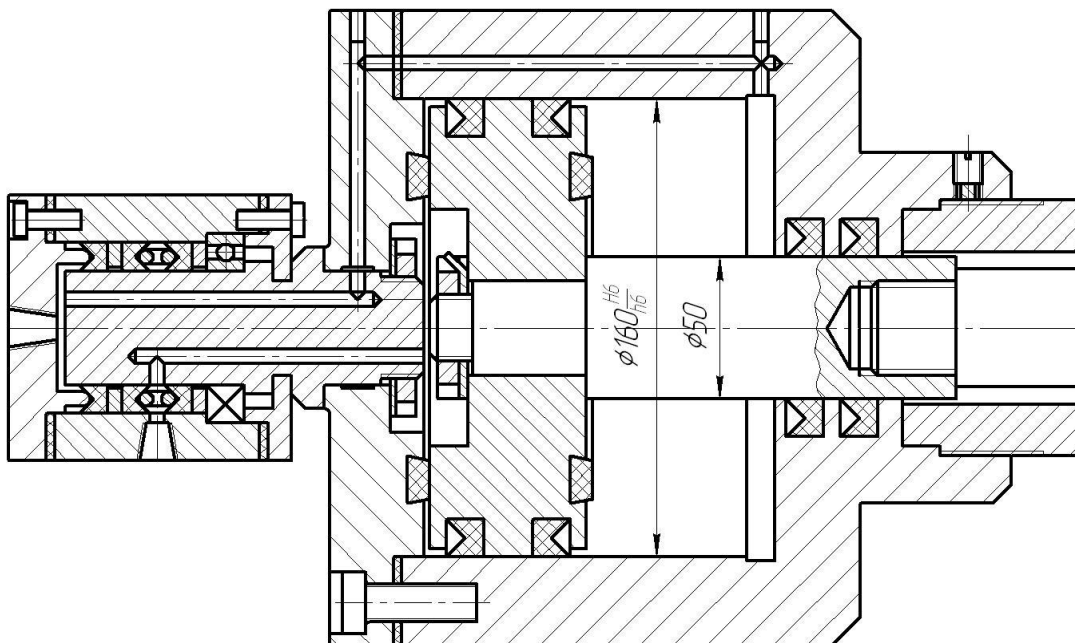


Рисунок 3.2. Пневматический привод патрона.

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

### 4.1 Исходные данные.

Заготовки изготовлена из легированной стали 38ХНЗФМА.

Глубина резания  $t = 6$  мм.

### 4.2 Материал фрезы

Для обработки заготовок из стали 38ХНЗФМА в качестве материала режущей части проектируемого инструмента принимаем быстрорежущую сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.

### 4.3 Конструктивные элементы фрезы.

Исходя из конструкции обрабатываемой детали принимаем наружный диаметр фрезы  $d = 36$  мм.

Рассчитываем длину фрезы из зависимости:

$$L = l_1 + l + l_2, \quad (4.1)$$

где  $l_1$  –режущая часть;  $l$  –шейка;  $l_2$  –хвостовик.

Для концевых фрез с  $10 \leq d \leq 40$  длина режущей части рассчитывается зависимостью  $l_1 = 2d$ .

Тогда  $l_1 = 2 \cdot 36 = 72$ мм.

Размер шейки рассчитывается зависимостью:

$$l = 4 \left( \sqrt[4]{d} + \frac{12}{d} \right), \quad (4.2)$$

$$l = 4 \times \left( \sqrt[4]{36} + \frac{12}{36} \right) = 11,1, \text{мм}.$$

Принимаем  $l = 11$ мм.

$$d_{III} = d - (3 \dots 4) = 36 - 4 = 32, \text{мм}.$$

Определим всю длину инструмента:

$$L = 72 + 11 + 109 = 192, \text{мм}.$$

Концевые фрезы из быстрорежущих сталей с  $d = 12...63\text{мм}$  выполняются с хвостовиком - конусом Морзе (ГОСТ 25557-2006).

Минимальный диаметр конуса Морзе определяется зависимостью:

$$d_{CP} = 0,5933 \frac{M_{KP}}{P_x}. \quad [14] \quad (4.3)$$

$$\frac{P_z}{P_x} = 0,5...0,55, \quad (4.4)$$

Определим окружную силу по формуле [15]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z}{d^q n^\omega} K_{MP}, \quad (4.5)$$

$$C_p = 30; x = 0,83; y = 0,65; n = 1; q = 0,83; \omega = 0; K_{MP} = 0,4. \quad [16]$$

$$P_z = \frac{10 \times 30 \times 6^{0,83} \times 0,1^{0,65} \times 36^1 \times 5}{36^{0,83} \times 125} \times 0,4 = 8,74, H.$$

Отсюда

$$P_x = \frac{8,74}{0,5} = 4,37, H.$$

Определим крутящий момент шпинделя

$$M_{кр} = \frac{P_z d}{200}, \quad (4.6)$$

$$M_{кр} = \frac{8,74 \times 36}{200} = 1,57, H \cdot \text{м}.$$

Тогда величина среднего диаметра конуса Морзе будет равна

$$d_{CP} = 0,5933 \frac{1,57}{4,37} = 0,21, \text{ мм}.$$

Согласно среднего диаметра и ГОСТ 25557-84 принимаем конус Морзе-4.

Число зубьев таких фрез определяют из зависимости [16]:

$$z = (0,1...1,3)d \geq 2...12, \quad (4.7)$$

$$z = (0,1...1,3) \cdot 36 = 3,6...4,68.$$

Принимаем  $z = 4$ .

Для условий равномерности резания зубья делают с углом наклона  $\omega = 30...45^\circ$ .

Для обработки стали 38ХНЗФМА принимаем  $\omega=30^\circ$ .

Основные параметры геометрии концевых фрез из быстрорежущих сталей представлены на рисунок 4.1.

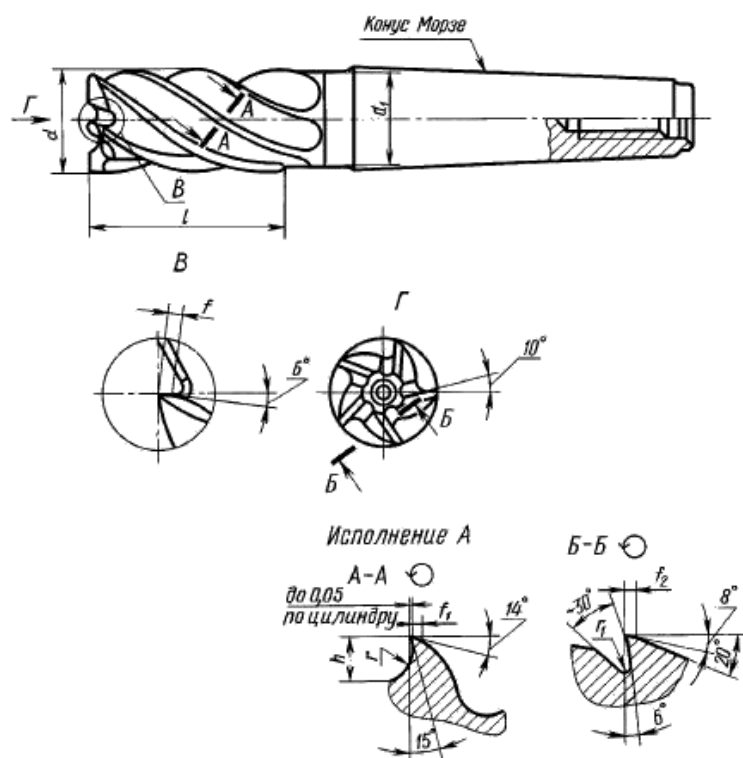


Рисунок 4.1. Основные параметры геометрии концевых фрез из быстрорежущих сталей

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 - Паспорт технического объекта

№ п/п	Технический 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	Точение	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Токарный станок 16К30Ф3, оснащенный системой программного управления	40Х, смазочно-охлаждающая жидкость Blasocut
2	Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок 693Д	



## 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	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, токарный станок СА500СФ3К оснащенный системой программного управления
2	Фрезерная операция	производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий шум на рабочем месте	Заготовка детали, металлорежущий инструмент, шпоночно-фрезерный станок 693Д

### 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 оборудования	Регламентированная процедура по обучению по охране	Очки защитные «Эталон»

1	2	3	4
		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 16К30ФЗ оснащенный системой программного управления	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части

1	2	3	4	5	6
		Шпоночно-фрезерный станок 693Д	материалов (В)		технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 5.5 – 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
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители, ящики с	Пожарные автомобили и пожар	Системы пенного пожаротушения	Технические средства оповещения	Напорные пожарные рукава	Веревки пожарные карабины пожарные противого	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

1	2	3	4	5	6	7	8
песком, пожарные краны	ные лестницы	отушения	щения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	и рукавные разветвления	зы, респираторы		

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 автоматов в электроустановках	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком,

1	2	3
	станков	обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

### 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производствен ного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственн ого техпроцесса (производственн ого сооружения или производственн ого здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования).	Экологическ ое негативное воздействие рассматриваем ого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемог о 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
Точение, фрезерова ние	Токарный станок 16К30Ф3, оснащенный	Пыль металличес кая	Взвешенные вещества и нефтепродукт	Основная часть отходов должна храниться в металлических

1	2	3	4	5
	системой программного управления; Шпоночно- фрезерный станок 693Д			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 подъемного крана. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности. Разработаны меры по сохранению экологии и окружающей среды.

## 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
Операция 015 – Токарная чистовая	
В качестве зажимного приспособления используется токарный трехкулачковый самоцентрирующий патрон. Обработка осуществляется на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16К30Ф3. $T_0 = 9,42$ мин.	В качестве зажимного приспособления используется самозажимной поводковый патрон. Обработка осуществляется на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16К30Ф3. $T_0 = 9,42$ мин.

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 1000 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.

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.

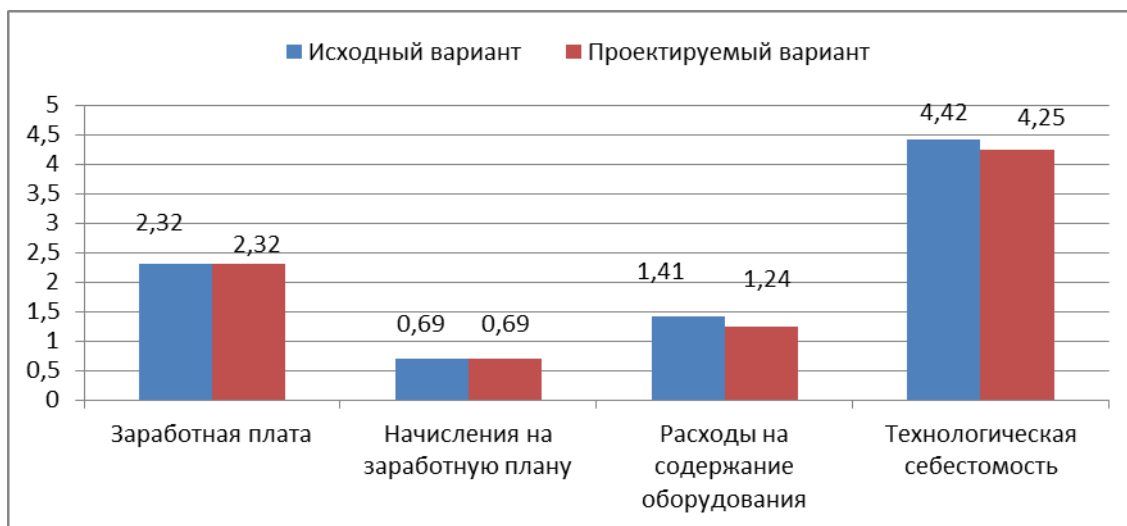


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [23], данная величина составила 1717,5 руб., в состав которой входят затраты на инструмент.

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 5.2.

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:

Таблица 5.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
1	Полная себестоимость	$S_{\text{полн}}$ , руб.	12,88	12,72
2	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}}$ , руб.	640	
3	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}}$ , лет	4	
4	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общ. диск}}$ , руб.	2028,16	
5	Интегральный экономический эффект	$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \mathcal{ЧДД}$ , руб.	310,66	
6	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,18	

– получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 310,66 руб.;

– рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;

– и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,18 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 результате проделанной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления вала-шестерни привода подъёмного крана. Техпроцесс оснащен современным оборудованием и технологическими средствами. Выполнены технологические карты. Разработаны технологические наладка на некоторые операции.

На 025 Токарную чистовую операцию спроектировано станочное приспособление взамен устаревшего.

На 040 Шпоночно-фрезерную операцию спроектирован режущий инструмент.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лоладзе, Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
2. Иванов М. Н. Детали машин : учеб. для втузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. - Изд. 12-е, испр. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 407 с.
3. 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.
4. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 320 с.
5. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
6. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
8. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
9. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
10. 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.
11. 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.

12. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 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. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента: электронное учеб. пособие / Л.А.Резников. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. – 208 с.
15. Григорьев, С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2009. — 368 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 трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

21. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 2. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 960 с.

22. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 3. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 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., Фесина, М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина, М.И. Фесина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ





		Код наименования операции				Обозначение документа										
А	Цех	Ч4	Р11	Опер	Код наименования обработки	01	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глоз	Тшт
Б	Код наименования обработки															
0.17	Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 185.02_{\pm 0.15}$ , $4.20_{\pm 0.15}$ ; поверхность 5, выдерживая размеры $868.5 \pm 1.15$ ;															
0.18	точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170.95 \pm 0.2$ , $2.305 \pm 0.575$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер $1002.5 \pm 1.3$ .															
0.19	точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140.95 \pm 0.2$ , $2.105 \pm 0.575$ .															
Т.20	396110.XXXX Патрон поводковый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;															
Т.21	392104.XXXX Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба.															
22																
А.23	XX XX XX 015 4112 Токарная черновая ИОТ И37.101.XXXX-XX															
Б.24	38.18.25.XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 10.42															
0.25	Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 185.02_{\pm 0.15}$ , $4.20_{\pm 0.15}$ ; поверхность 7, выдерживая размеры $868.5 \pm 1.15$ ;															
0.26	точить поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170.95 \pm 0.2$ , $2.305 \pm 0.575$ ; точить поверхность 9, выдерживая размер $1002.5 \pm 1.3$ .															
0.27	точить поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 140.95 \pm 0.2$ , $2.105 \pm 0.575$ .															
Т.28	396110.XXXX Патрон поводковый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;															
Т.29	392104.XXXX Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба.															
30																
А.31	XX XX XX 020 4112 Токарная полчистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX															
Б.32	38.18.25.XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 5.99															
0.33	Точить поверхность 5, выдерживая размеры $868.5 \pm 1.15$ ; выполнить фаску $2.5 \times 45^\circ$ ;															
0.34	точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170.45 \pm 0.05$ , $2.30 \pm 0.575$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер $1002 \pm 1.3$ ;															
0.35	точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140.45 \pm 0.05$ , $2.10 \pm 0.575$ ; точить две канавки в размерах $0.2 \pm 0.1$ , $R2,5$ .															
Т.36	396110.XXXX Патрон поводковый; XXXXXX.XXXX цпор откидной; XXXXXX.XXXX Центр цпорный;															
Т.37	392104.XXXX(2) Резец механич. Т15К6; 393111.XXXX ШЦ-И-350-0.1; 393120.XXXX Калибр-скоба.															
38																
39																
МК																

Лист 2

		Цех	Ч4	Р11	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа										
		Код наименования обработки					ОП	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глоз	Тшт
А 42	XX XX XX	025	4112	Токарная	получистовая	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ										
Б 43	38.18.25	ХХХХ	2	18632	422	1Р	1	1	1	100	1	16	14.88				
0.44	Точить поверхность 6, выдерживая размеры $\phi 184.52_{-0.020}$ , $180 \pm 2$ , точить поверхность 7, выдерживая размер $868.5 \pm 1.5$ ;																
0.45	точить поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170.45 \pm 0.05$ , $230 \pm 0.575$ ; точить поверхность 9, выдерживая размер $1002 \pm 13$ ;																
0.46	точить поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 140.45 \pm 0.05$ , $210 \pm 0.575$ ; точить две канавки в размер $0.2 \pm 0.1$ , R2.5;																
Т 47	396110	ХХХХ	Патрон	поводковый;	ХХХХХХ.ХХХХ	цар	откидной;	ХХХХХХ.ХХХХ	Центр	царный;							
Т 48	392104.ХХХХ(12)	Резец	механич.	Т15К6;	393111.ХХХХ	ШЦ-И-	350-0.1;	393120.ХХХХ	Калибр-скоба								
49																	
А 50	XX XX XX	035	4121	Расточная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ											
Б 51	381631	ХХХХ	25660Ф2	Гориз.-расточн.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	4.57			
0.52	Сверлить шесть отверстий (поверхности 14), выдерживая размеры $\phi 15_{-0.045}^{+0.045}$ , $46 \pm 0.31$ , $120_{-0.020}^{+0.020}$ ; выпалить фаски $2.5 \times 45^{\circ}$																
0.53	на шести отверстиях (поверхности 12); нарезать резьбу М16-7Н в шести отверстиях (поверхности 13)																
0.54	на длину $30 \pm 0.26$ с шагом $120_{-0.020}^{+0.020}$ ;																
Т 55	396181.ХХХХ(12)	Прижимы;	ХХХХХХ.ХХХХ(12)	Сменные	призмы;	391267.ХХХХ(12)	Сверло	спиральное	Р6М5;								
Т 56	ХХХХХХ.ХХХХ	Метчик	машинный	М20	Р6М5;												
57																	
А 58	XX XX XX	040	4128	Шпоночно-фрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ											
Б 59	381631	ХХХХ	693Д	Шпоночно-фрезер.	2	18632	322	1Р	1	1	100	1	16	12.52			
0.60	Фрезеровать два шпоночных паз (поверхности 15, 16, 17), выдерживая размеры $36_{-0.020}^{+0.020}$ , $128_{-0.020}^{+0.020}$ , $180 \pm 0.5$ ;																
Т 61	396181.ХХХХ(12)	Прижимы;	ХХХХХХ.ХХХХ(12)	Сменные	призмы;	391267.ХХХХ(12)	Фреза	концевая	Р6М5;								
Т 62	393111	ШЦ-И-	100-0.05;	393111(12)	Калибр-пробка												
63																	
А 64	XX XX XX	045	ХХХХ	Зубофрезерная	ИОТ	ИЗ7.101.ХХХХ-ХХ											
МК																	

Лист 3

		Цех	Ч4	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа						Лист 4		
		Код наименования обработки			СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глоз	Тшт
Б.69		381631	XXXX	5A370	Зубодфрезерный	2 18632	322 1P	1 1	1	100	1	100	1	16	33,54
0.70		Фрезеровать зубчатые венцы поверхности 23.24.25] выдерживая размеры 24 <sup>U3757</sup> ±1, φ166,52 <sup>0,063</sup> .													
0.71		m=9, z=17.													
Т.72		396181XXXX Приспособление специальное. XXXXXX.XXXX Фреза червячная Р6М5, XXXX Спецшаблон.													
73															
А.74		XX XX XX 050 Термическая (закалка) ИОТ И37.101.70715-07.													
Б.75		ТВ4													
76															
А.77		XX XX XX 055 Центрошлифовальная ИОТ И37.101.7419.1-00.													
Б.78		381623 XXXX ТОУОДА СГ12-130 Центрошлифов. 2 17001 422 1P 1 1 100 1 10 0,62													
79		Шлифовать центровые отверстия выдерживая размер 90 <sup>U</sup> +30'.													
А.80		39611X.XXXX(2) Призмы опарные; XXXXX.XXXX Упор откидной;													
Б.81		398110.XXXX Шлифовальная головка ГОСТ Р 52781-2007;													
0.82															
А.83		XX XX XX 060 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX													
Б.84		38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 100 1 16 3,93													
0.85		Точить поверхность 4, выдерживая размеры φ170,1±0,031, 230±0,575, точить поверхность 2, выдерживая размеры φ140,1±0,031, 210±0,575.													
Т.86		396110 XXXX Патрон поводковый; XXXXX.XXXX упор откидной; XXXXX.XXXX Центр упорный;													
Т.87		392104.XXXX Резец механич. (киборит); XXXXX.XXXX Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода.													
88															
А.89		XX XX XX 065 4112 Токарная чистовая ИОТ И37.101.XXXX-XX													
Б.90		38.18.25 XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1P 1 1 100 1 16 3,93													
0.91		Точить поверхность 8, выдерживая размеры φ170,1±0,031, 230±0,575; точить поверхность 10, выдерживая размеры φ140,1±0,031, 210±0,575.													
МК															

		Цех	Ч4	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа											
		Код наименования оборудования					01	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глоз	Тштп	
Т 94		396110.XXXX.Патрон лободковый; XXXXXX.XXXX.цпор откидной; XXXXXX.XXXX.Центр цпорный;																
Т 95		392104.XXXX.Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX.Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода.																
96																		
А 97		XX XX XX 070 4112 Токарная тонкая ИОТ И37.101.XXXX-XX																
Б 98		38.18.25.XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 3.93																
0 99		Точить поверхность 4, выдерживая размеры $\phi 170_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , $230_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , точить поверхность 2, выдерживая размеры $\phi 140_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , $210_{\pm 0.025}^{+0.025}$ .																
Т 100		396110.XXXX.Патрон лободковый; XXXXXX.XXXX.цпор откидной; XXXXXX.XXXX.Центр цпорный;																
Т 101		392104.XXXX.Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX.Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода.																
102																		
А 103		XX XX XX 075 4112 Токарная тонкая ИОТ И37.101.XXXX-XX																
Б 104		38.18.25.XXXX 16К30Ф3 2 18632 422 1Р 1 1 100 1 16 3.93																
0 105		Точить поверхность 8, выдерживая размеры $\phi 170_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , $230_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , точить поверхность 10, выдерживая размеры $\phi 140_{\pm 0.025}^{+0.025}$ , $210_{\pm 0.025}^{+0.025}$ .																
Т 106		396110.XXXX.Патрон лободковый; XXXXXX.XXXX.цпор откидной; XXXXXX.XXXX.Центр цпорный;																
Т 107		392104.XXXX.Резец механич. (киборит); XXXXXX.XXXX.Микрометр; 393120.XXXX(2) Калибр-скода.																
108																		
А 109		XX XX XX 080 Мачная ИОТ И37.101.XXXX																
110																		
А 111		XX XX XX 085 Контрольная ИОТ И37.101.XXXX																
112																		
113																		
114																		
115																		
116																		
МК																		

Лист 5











